430.151 / 5521 / v.52

18621

ISSN 0376-477X

中華農業研究

第五十二卷　第一期

目　次

利用核糖體內轉錄區間序列及聚合酵素連鎖反應檢測作物根瘤線蟲的變化 ......倪蕙芳　陳瑞祥　王美華　蔡東纂　程永雄… 1

激勃素、溶脫、刻傷及濕冷層積等處理改進巨峰葡萄種子發芽 ......宋家瑋　歐錫坤…14

臺南白玉米族群發芽之溫度反應 ......楊舒惠　謝光照　吳詩都…23

葉菜類蔬菜包裝機之研製 ......邱相文　梁連勝…31

熱風乾燥處理對宜蘭白蒜種蒜品質與發芽之影響 ......王怡玎…40

水稻植冠之氣象因素垂直剖面與通量之量測 ......姚銘輝　蔡金川　梁連勝…50

渦旋式誘蠅器對東方果實蠅（雙翅目：果實蠅科）之誘殺效果 ......何坤耀　洪士程　陳健忠　李後晶…62

利用葉綠素測計估測水稻植株葉綠素及氮素 ......楊純明…73

中華民國九十二年三月

行政院農業委員會農業試驗所出版

中華民國　臺灣省　臺中縣　霧峰鄉

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:1~13(2003)

利用核糖體內轉錄區間序列及聚合酵素連鎖反應檢測作物根瘤線蟲[1]

倪蕙芳[2] 陳瑞祥[3] 王美華[2] 蔡東纂[4] 程永雄[2,5]

摘　要

倪蕙芳、陳瑞祥、王美華、蔡東纂、程永雄。2003。利用核糖體內轉錄區間序列及聚合酵素連鎖反應檢測作物根瘤線蟲。中華農業研究 52:1-13。

本研究主要目的爲比對分析台灣地區作物根瘤線蟲的核糖體 DNA 序列，並藉以設計對根瘤線蟲具有專一及靈敏特性之引子對，配合聚合酵素連鎖反應(PCR)增幅技術，研發作物根瘤線蟲之分子檢測系統。利用過去相關研究中所得之植物病原線蟲通用性引子，自南方根瘤線蟲、爪哇根瘤線蟲、花生根瘤線蟲以及水稻根瘤線蟲 DNA 增幅含內轉錄區間及 5.8S 之核糖體 DNA 序列。經選殖解序後發現南方、爪哇及花生等根瘤線蟲彼此間之序列相同度可達 99 %，而與水稻根瘤線蟲間之相同度則僅有 85%。經以得自南方根瘤線蟲 DNA 序列設計檢測用 PCR 引子對 Mi148/Mi452，利用此引子對可自根瘤線蟲 DNA 獲得一約 342 bp 的專一性增幅產物，而測試其它屬之植物病原線蟲或腐生性線蟲則無類似之 PCR 產物。利用此引子對可以由病株及土壤中順利偵測到根瘤線蟲之存在。此外，經測試發現此引子對敏感度可達 10 pg，並可在僅有 5 隻二齡幼蟲存在的土壤中檢測出根瘤線蟲，顯示此專一性引子對可實際應用於田間作物根瘤線蟲檢測之所需。

關鍵詞：根瘤線蟲、聚合酵素連鎖反應、核糖體 DNA、內轉錄區間序列、分子檢測。

前　言

根瘤線蟲是本省蔬菜、花卉、果樹、根莖薯類及特用作物最主要之植物寄生性線蟲，也是國際上植物檢疫之品管病原，其在植物寄生性線蟲中是分佈最爲廣泛且危害相當嚴重的世界性病害(蔡 1995)。台灣地區 *Meloidogyne* 屬線蟲之種類，目前已有記錄者計有 *M. incognita*(南方根瘤線蟲)、*M. javanica*(爪哇根瘤線蟲)、*M. hapla*(北方根瘤線蟲)、*M. arenaria*(花生根瘤線蟲)以及 *M. graminicola*(水稻根瘤線蟲)等五種(王等 1977；程 & 杜 1980；蔡 1997)。根瘤線蟲侵害作物根部時，其病徵有在根系上形成大小不一的腫瘤者，有於根系上結瘤呈念珠狀者，亦有結瘤於根系末端者，甚至也有不出現

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2140 號。接受日期: 91 年 11 月 30 日。
2. 本所嘉義分所助理研究員、研究助理及研究員兼分所長。臺灣省　嘉義市。
3. 國立嘉義大學生物科技研究所助理教授。臺灣省　嘉義市。
4. 國立中興大學植物病理學系副教授。臺灣省　臺中市。
5. 通訊作者，電子郵件：cyh@dns.caes.gov.tw；傳真機：(05)2773630。

腫瘤者；其在本省氣候下的繁殖力一年可達 11 世代，在短短一個月的生活史中可以產 3 至 4 次卵，每次產卵由 200 至 2000 個不等，其繁衍速度極快，頗具爲害作物之潛力(蔡 1995)。

由於根瘤線蟲在個體形態具有明顯的差異性，因此在鑑定上常增加許多複雜性(Harmann & Saesser 1985)，而正確的鑑定根瘤線蟲種類在許多研究工作進行前，甚至在病害成功管理上都是相當重要問題，特別在一些歸屬於檢疫線蟲的種類鑑定上更爲重要(Zijlstra 2000)。傳統根瘤線蟲之鑑定以形態特徵，如陰門膜紋之型式及寄主範圍來加以區分(程&杜 1980；Eisenback 1985；Eisenback *et al.*1981)，然而有些用來做爲鑑定的關鍵特性可能因遺傳變異或因環境影響而改變，因此增加了鑑定工作之困難度。近年來，隨著核酸生物技術之進步，有關線蟲之鑑別方法已有利用基因體 DNA(Carpenter *et al.* 1992；Van der Beek *et al.*1998)或是粒線體 DNA 之限制酵素長度多型性圖譜(RFLP) 進行分析(Powers *et al.* 1986；Harris *et al.* 1990)，或者利用逢機增幅多型性核酸技術(RAPD)來進行分析(Powers *et al.* 1986；Cenis 1993；Baum *et al.* 1994； Castagnone-Sereno *et al.* 1994； Fragette *et al.* 1994；Blok *et al.* 1997；Williamson *et al.* 1997)，以及利用核糖體 DNA(rDNA)序列進行分析等(Zijlstra *et al.* 1995，1997；Peterson & Vrain 1996；Peterson *et al.* 1997；Zijlstra 1997)。

以核糖體 DNA 而言，真核細胞中之核糖體 DNA 中由 18S、28S 以及 5.8S 的次單元(subunit)基因所組成，而整段 rDNA 中包含了轉錄區(transcribed region)及非轉錄區(non-transcribed region)，已知 rDNA 基因在轉錄區之序列於同種或不同種生物間具有極高之相似性，然而在非轉錄區間，在不同種甚至種內之序列相似性則極低，因此在高度相似性之轉錄區之序列可以作爲屬分類之依據，而在序列變異性大的非轉錄區間序列則可作爲種內或種間鑑別之依據(Powers *et al.* 1997；Gasser 2001)。因此，應用核糖體 DNA 序列差異性之比對分析，已成爲線蟲種間或種內鑑定之研究模式(Hoste *et al.* 1993，1995，1998；Campbell *et al.* 1995；Hoglund *et al.* 1999)。

由於目前台灣地區作物根瘤線蟲之檢測或鑑定，尚未見應用分子生物技術之相關文獻報告。因此本研究首先利用線蟲核糖體 DNA 通用性引子對(universal primer pair)，將台灣主要根瘤線蟲之核糖體 DNA 序列進行解析，並與國外報告之根瘤線蟲核糖體 DNA 序列比對分析，藉以了解台灣地區與國外存在根瘤線蟲間之親緣關係，並嘗試由核糖體內轉錄區間(internal transcribed spacer, ITS)序列設計檢測作物根瘤線蟲之專一性引子，以作爲台灣地區常見根瘤線蟲檢測之用，並期望藉此建立診斷鑑定技術，作爲未來重要作物線蟲防檢疫工作之模式基礎。

材料與方法

根瘤線蟲之來源

本研究所使用之植物根瘤線蟲乃由國立中興大學植病系線蟲研究室所保存，依根瘤線蟲母蟲的陰門膜紋，分別鑑定爲南方根瘤線蟲(*Meloidogyne incognita*)、爪哇根瘤線蟲(*M. javanica*)、花生根瘤線蟲(*M. arenaria*)，以及水稻根瘤線蟲(*M. graminicola*)。將感染 *M. incognita*、*M. javanica* 之罹病根部土壤洗淨挑取線蟲單一卵塊，將孵化之二齡幼蟲接種在甕菜(農友種苗)之幼苗根部，*M. arenaria* 則接種於花生根部；另外 *M. graminicola* 則接種於水稻根部。上述接種植株，置於溫室中培養待卵塊成熟後做爲 DNA 抽取之來源或孵化後爲二齡幼蟲之來源。

線蟲 DNA 之抽取

由罹病根部收集之根瘤線蟲卵塊後以無菌水漂洗兩次，置於研缽中以液態氮將其冷凍磨碎，再加入 200 µl 萃取 DNA 用之緩衝液(200 mM Tris-HCl, pH 8.5; 250 mM NaCl; 25 mM EDTA; 0.5 % SDS；60 µg/ml Proteinase K)，置於 37℃中作用過夜，繼而取出離心，將上層液依 DNA 純化組(DNA clean up kit, Promega, Madison, USA)所示之方法進行總量 DNA 之純化，經過管柱純化後之 DNA 溶於 30 µl 無菌水中，以作爲 PCR 反應之 DNA 模板。

rDNA ITS 區間(含 5.8S)序列之增幅

總計 50 μl 增幅反應液中含通用性引子對 18S 及 28S(18S: 5’TTGATTACGTCCCTGCCCTTT3’；28S: 5’TTTCACTCGCCGTTACTAAGG3’)(Vrain *et al.* 1992)各 1μM，A、T、C、G 四種 deoxyribonucleotide (dNTP)各 0.2 mM，一單位(unit)Yea Tag DNA polymerase(Yestern Biotech Co., Taiwan)，1 X Taq reaction buffer 及 10 ng 供試模板 DNA，進行 PCR 反應，並於溫度循環控制反應器(BioRad, CA, USA)進行聚合酵素連鎖反應。反應器所設定之反應程式爲：先以 94℃4 分鐘使雙股 DNA 分開成單股後，再以 94℃ 30 秒變性(denaturing)、52℃30 秒黏合(annealing)、72℃1 分鐘延長(extension)進行 30 個循環(cycles)，最後再以 72℃反應 7 分鐘進行 PCR 產物最後延長。反應後，吸取 10 μl PCR 增幅產物，以 1.5 %瓊脂凝膠及 1 X TBE 緩衝液，以 5 V/cm 之電壓進行電泳分析，經 EtBr 染色後，觀察聚合酵素連鎖反應的結果。

聚合酵素連鎖反應產物之選殖及核酸定序

爲進一步確定上述所得之 PCR 產物爲 *Meloidogyne* sp.之 rDNA，將增幅產物以 QIAGEN 公司所開發生產的 QIAquick PCR purification kit 純化去除不必要的干擾後，以 p-GEM-T easy 載體(Promega, Madison, USA)連結後轉形於 DH5 α 大腸桿菌中，轉形成功之菌株以 Wizard Plus SV Minipreps DNA purification system(Promega, Madison, USA)純化質體 DNA，經定量後，繼而委由台灣生工有限公司以 T7 及 Sp6 爲解序引子進行 DNA 的定序。

rDNA 序列比對及專一性 PCR 引子對設計

將上述定序完成後所獲得之南方、爪哇、花生及水稻根瘤線蟲 rDNA 序列應用 GCG 程式與由 GeneBank 及 EMBL 等序列資料庫中所登錄之 *Meloidogyne* 屬之線蟲進行比對。並利用南方根瘤線蟲之 rDNA 區段之序列，以 GCG 系統中的引子設定程式設計一組分別位於 ITS1(18S 至 5.8S 區間)及 ITS2 區(5.8S 至 28S 區間)之引子對 Mi148:5’GCTGGTGTCTAAGTGTTGC 3’及 Mi452: 5’CCGCTATAAGAG-AAAATGACCC3’。

Mi148 及 Mi452 引子對根瘤線蟲偵測之敏感度及專一性測試

於體積 50 μl 的 PCR 反應中，分別利用不同濃度之根瘤線蟲 DNA 做爲反應模板，以 Mi148 及 Mi452 爲增幅引子對，於 94℃ 30 sec、55℃ 30 sec、72℃ 30 sec 中進行 30 個增幅循環，同上法以電泳觀察結果。此外，爲進一步探討此對引子之專一性，本研究分別利用土壤中常見的腐生性線蟲(*Rhabditis* spp.)、柑桔線蟲(*Tylenchulus semipenetrans*)、劍線蟲(*Xiphinema* sp.)、鞘線蟲(*Hemicriconemoides* spp.)、根腐線蟲(*Pratylenchus* sp.)及冠線蟲(*Hoploaimus* sp.)等線蟲之 DNA 爲反應模板，同上述以 Mi148 及 Mi452 爲增幅所用之引子進行 PCR 反應後，進行電泳分析其結果。

Mi148 及 Mi452 引子對檢測植物根部及土壤中根瘤線蟲之測試

秤取 0.1 g 之根系樣品，以清水將土壤沖洗乾淨，並以衛生紙將水份吸乾，經液態氮研磨後以 DNeasy plant mini kit(QIAGEN)抽取植物體之 DNA，供聚合酵素連鎖反應試驗用。PCR 之反應條件同上。另稱取 0.075g 之砂土分別加入 1 隻及 5 隻根瘤線蟲，利用前人所述之方法(黃 2001)，以研缽研磨土壤樣品並將其置入 1.5 ml 之離心管中，加入 200 μl 3.2%脫脂奶粉溶液，以 12000 g 離心 10 分鐘除去沉澱之土壤，取出上清液(第一部份 DNA)至新的離心管繼續加入 10 % SDS 溶液(終濃度 0.3 %，w/v)及等體積 phenol/chloroform/isoamylacohol(25:24:1)，混合均勻置放 2 分鐘，並離心取上清液(第二部份 DNA)加入 400 μl extraction buffer(0.3 % SDS, 0.14 M NaCl, 50 mM NaAc, pH 5.1)短暫離心後加入等體積 phenol/chloroform/isoamyalcohol(25:24:1)同上述離心後吸取上清液，繼續加入 2.5 倍體積之酒精，置於–20℃，隔日以 12000 g 離心 30 分鐘，並以 70 %酒精潤洗沉澱物兩次，經風乾後，以 15 μl 無菌水溶解沉澱物(第三部份 DNA)，將上述三部份之 DNA 做爲模板進行 PCR 反應。

結　果

本研究由台灣地區最常見的根瘤線蟲著手進行研究，經利用 18S 及 28S 通用性引子對進行 PCR 反應後，發現測試之不同種根瘤線蟲之增幅產物大小均為 800 bp 左右(圖 1)，進一步選殖解序後，發現南方、爪哇及花生根瘤線蟲之核酸序列彼此間之相同度可達 99 % 以上，而此三種線蟲與水稻根瘤線蟲之核酸差異較大，其核酸序列間之相同度僅有 85 % 左右(圖 2)。

進一步利用南方根瘤線蟲之 rDNA 核酸序列，選擇已知不同屬間歧異度較大之 ITS1 及 ITS2 區間，設計出 Mi148/Mi452 引子對(圖 2)，以此引子對針對不同種之根瘤線蟲 DNA 進行 PCR 反應時，皆可以增幅獲得含部份 ITS1、5.8S 以及部份 ITS2 的 rDNA 片段(圖 3)，其產物大小經解序確定為 342 bp。另外，當以根腐線蟲、鞘線蟲、劍線蟲、冠線蟲、柑桔線蟲及腐生性線蟲等不同屬之線蟲所抽取之 DNA 進行此對引子之專一性測試時，發現此引子對對其它屬之線蟲均未能增幅出任何產物(圖 3)。

分別由溫室已感染根瘤線蟲的番茄根系及健康的番茄根部所抽取的植物總量 DNA，以 Mi148/Mi452 引子對進行 PCR 增幅反應，結果顯示僅由感染根瘤線蟲的番茄根系所抽取得到之 DNA 方可增幅獲得 342 bp 的預期產物片段，而由健株抽取的 DNA 則無任何增幅產物(圖 4)。另一方面，利用 Mi148/Mi452 引子對直接由土壤中偵測根瘤線蟲之存在，結果顯示第一個部份的 DNA 無法獲得 PCR 增幅產物，而再經過 phenol/chloroform/isoamylacohol 純化及沉降步驟後就可以得到較明顯的 PCR 增幅產物(圖 5)。

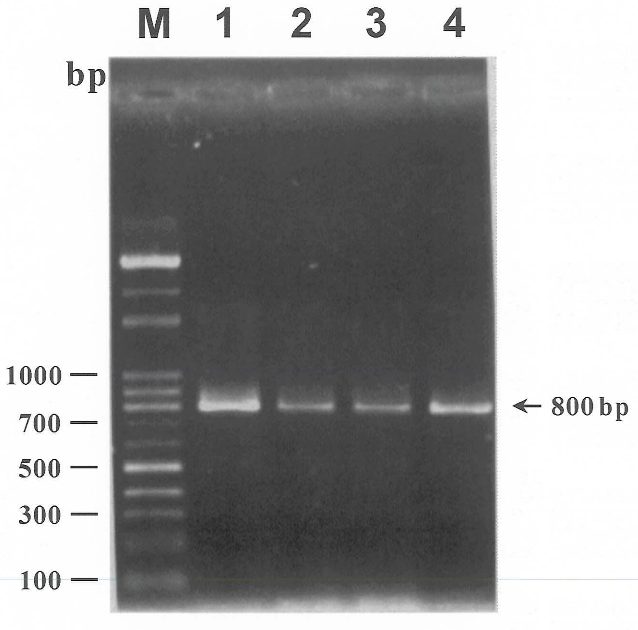

圖 1. 利用通用性引子對 28S/18S 進行不同種根瘤線蟲核糖體 DNA 之聚合酵素連鎖反應結果。

Fig. 1. PCR amplification of the ribosome DNA of *Meloidogyne* spp. by universal primer 28S/18S. Lane M: 100 bp ladder DNA Marker; Lane 1: *M. incognita*; Lane 2: *M. javanica*; Lane 3: *M. arenaria*; Lane 4: *M. graminicola*.

```
    1         18S                                                       60
Ma  TGATGGAAAC CAATTTAATC GCAGTGGCTT GAACCGGGCA AAAGTCGTAA CAAAGTAGCT
Mi  TGATGGAAAC CAATTTAATC GCAGTGGCTT GAACCGGGCA AAAGTCGTAA CAAGGTAGCT
Mj  TGATGGAAAC CAATTTAATC GCAGTGGCTT GAACCGGGCA AAAGTCGTAA CAAGGTAGCT
Mg  TGATGGAAAC CAATTTAATC GCAGTGGCTT GAACCGGGCA AAAGTCGTAA CAAGGTAGCT

    61                           ITS1                                  120
Ma  GTAGGTGAAC CTGCTGCTGG ATCATTACTT TATGTG---A TGTTCAAATT TGAAT---TC
Mi  GTAGGTGAAC CTGCTGCTGG ATCATTACTT TATGTG---A TGTTCAAATT TGAAT---TC
Mj  GTAGGTGAAC CTGCTGCTGG ATCATTACTT TATGTG---A TGTTCAAATT TGAAT---TC
Mg  GTAGGTGAAC CTGCTGCTGG ATCATTACTT TTTATGTAAT GCTTTACATT TGAATTTATC

    121                                 Mi148                          180
Ma  GCAATGAAAT GATCGTTGTG AAACGGCTGT CGCTGGTGTC TAAGTGTTGC TGATACGGTT
Mi  GCAATGAAAT GATCGTTGTG AAACGGCTGT CGCTGGTGTC TAAGTGTTGC TGATACGGTT
Mj  GCAATGAAAT GATCGTTGTG AAACGGCTGT CGCTGGTGTC TAAGTGTTGC TGATACGGTT
Mg  GCATCATTTC ATATGATGTG TAACGGCTCT CACTGGTGTC TAGGTGTTGC TGATTCAGCT

    181                                                                240
Ma  GTGAACGTCC GTGGCTGTAT ATGTGGTGAC ATGTTAGGAC TCTAATGAGT -TTAAGACCT
Mi  GTGAACGTCC GTGGCTGTAT ATGTGGTGAC ATGTTAGGAC TCTAATGAGT -TTAAGACCT
Mj  GTGAACGTCC GTGGCTGTAT ATGTGGTGAC ATGTTAGGAC TCTAATGAGT -TTAAGACCT
Mg  GTCTTCGTCC GTGGCTGAAT ATGAGGTGAC ATGTTAGGAT TCTATTGAAT CGTAAGACTT

    241                                                                300
Ma  AATGAGCCTC TTAAGTGAGG CCGCCAGCAA CCTTTTTTTT CTCTACA--- ----TTTTAA
Mi  AATGAGCCTC TTAAGTGAGG CCGCCAGCAA CCTTTTTTTT CTCTACA--- ----TTTAAA
Mj  AATGAGCCTC TTAAGTGAGG CCGCCAGCAA CCTTTTTTTT CTCTACA--- ----TTTT-A
Mg  AATGAGCCTC TTAAGTGAGG ACGCCAGCAA TTTTTTTTTT TTCAATAAAT TTTTTTTTAA

    301         5.8S                                                   360
Ma  AAAAAAAACT AAAATTCTAC CCTTATCGGT GGATCACTAG GCTCGTGGAT CGATGAAGAA
Mi  AAAAAAAACT AAAATTCTAC CCTTATCGGT GGATCACTAG GCTCGTGGAT CGATGAAGAA
Mj  AAAAAAAACT AAAATTCTAC CCTTATCGGT GGATCACTAG GCTCGTGGAT CGATGAAGAA
Mg  AAGACATATA TAAAAATTAA CCTTACCGGT GGATCACTCG GTTCGTGGAT CGATGAAGAA

    361                                                                420
Ma  CGCAGCAAAC TGCGATAATT ATTGCGAACT GCAGAAGTAT TGAGCACAAA AGTTTTGAAC
Mi  CGCAGCAAAC TGCGATAATT ATTGCGAACT GCAGAAGTAT TGAGCACAAA AGTTTTGAAC
Mj  CGCAGCAAAC TGCGATAATT ATTGCGAACT GCAGAAGTAT TGAGCACAAA AGTTTTGAAC
Mg  CGCAGCTAAC TGCGATAATT TATGCGAACT GCAGAAACCT TGAGCATAAA AGTTTTGAAC

    421                  ITS2                           Mi452          480
Ma  GCAAATGGCC GCATTGAGGT CAAACTCTTT GCAACGTCTG GTTC-AGGGT CATTTTCTCT
Mi  GCAAATGGCC GCATTGAGGT CAAACTCTTT GCAACGTCTG GTTC-AGGGT CATTTTCTCT
Mj  GCAAATGGCC GCATTGAGGT CAAACTCTTT GCAACGTCTG GTTC-AGGGT CATTTTCTCT
Mg  GCATATTGCG GCATTGGGGT CAAACCCTTT GGCACGTCTG GTTCAAGGGT CATTTTCTAA

    481                                                                540
Ma  TATAGCG-GA AGCTTTAATT TCTATAATGA TGTTGTTGCT TTATATTTTA AAAGGATTTT
Mi  TATAGCG-GA AGCTTTAATT TCTATAATGA TGTTGTTGCT TTATATTTTA AAAGGATTTT
Mj  TATAGCG-GA AGCTTTAATT TCTATAATGA TGTTGTTGCT TTATATTTTA AAAGGATTTT
Mg  CAAAGCGAAA AGCTTTTATT TTTATAATGT CATTCATTGA CTTTATAAAA TGAAAAATGT

    541                                                                600
Ma  TGTTTATTCA TGTATTAAAT CTAACTGTGA AAATCAAACA A--------- -----TTTTG
Mi  TGTTTATTCA TGTATTAAAT CTAACTGTGA AAATCAAACA A--------- -----TTTTG
Mj  TGTTTATTTA TGTATTAAAT CTAACTGTGA AAATCAAACA A--------- -----TTTTG
Mg  TTTATTGGTT TTTTTTACTT GAATTAATAT TAACCAATAA ATATTATAAA TTTTTTTTTG

    601         28S                                                    660
Ma  ACCTGAACTC AGTCGAGAGC ACCCGCTGAA CTTAAGCATA TCAGTAAGCG GAGGAAAAGA
Mi  ACCTGAACTC TGTCGAGAGC ACCCGCTGAA CTTAAGCATA TCAGTAAGCG GAGGAAAAGA
Mj  ACCTGAACTC AGTCGAGAGC ACCCGCTGAA CTTAAGCATA TCAGTAAGCG GAGGAAAAGA
Mg  ACCTGAACTC AGTCGAGATC ACCCGCTGAA CTTAAGCATA TCAGTAAGCG GAGGAAAAGA

    661         675
Ma  AACTAAATAG GATTC
Mi  AACTAAATAG GATTC
Mj  AACTAAATAG GATTC
Mg  AACTAAACAG GATTC
```

圖 2. 不同種根瘤線蟲核糖體內轉錄區間 DNA 序列比對結果。

Fig. 2. DNA sequence alignments of the internal transcribed spacer (ITS) region of *Meloidogyne* spp. Ma: *M. arenaria*; Mi: *M. incognita*; Mj: *M. javanica*; Mg: *M. graminicola*.

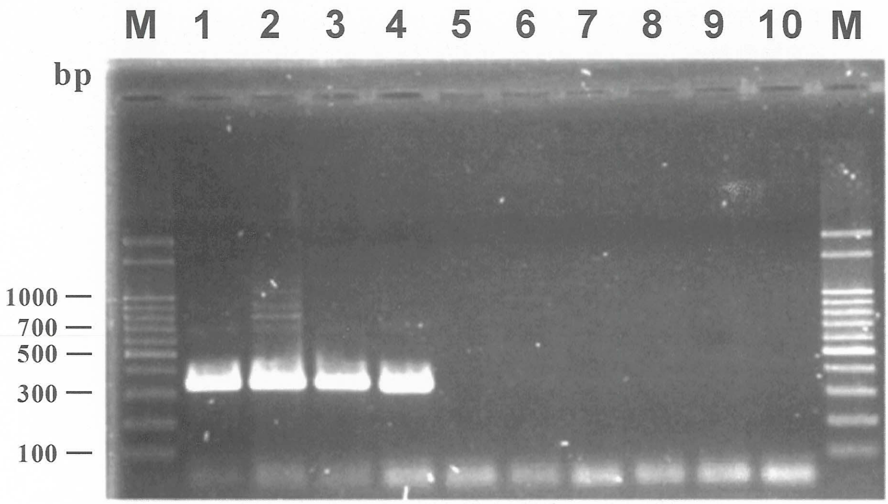

圖 3. 專一性引子對 Mi148/Mi452 對不同種類之植物病原線蟲及腐生性線蟲核糖体 DNA 之聚合酵素連鎖反應結果。

Fig.3. PCR amplification of the ribosome DNA of different plant pathogenic nematodes and free-living nematodes by the specific primers Mi148/Mi452. Lane M: 100 bp ladder DNA marker; Lane 1: Meloidogyne *incognita*; Lane 2: *M. javanica*; Lane 3: *M. arenaria*; Lane 4: *M. graminicola*; Lane 5: *Pratylenchus* sp.; Lane 6: *Pratylenchus* sp.; Lane 7: *Haploimus* sp.; Lane 8: *Tylenchus semipenetrans*; Lane 9: *Rabiditis* sp.; Lane 10: *Xhiphinema diffusum*.

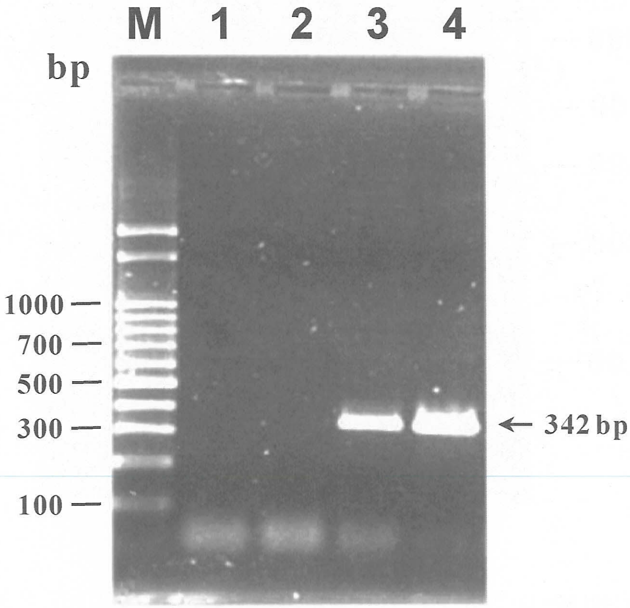

圖 4. 專一性引子對 Mi148/Mi452 對未感染及感染根瘤線蟲之番茄根部 DNA 進行聚合酵素連鎖反應結果。

Fig. 4. PCR amplification of the DNA from Meloidogyne-infected and non-infected tomato roots by specific primers Mi148/Mi452. Lane M: 100 bp ladder DNA Marker; Lane 1, 2: non-infected tomato; Lane 3, 4: infected tomato.

利用不同濃度之南方根瘤線蟲 DNA 爲模板，進行此引子對的敏感性測試，結果發現 Mi148/Mi452 引子對具有相當高的檢測靈敏度，在僅有 10 pg 的根瘤線蟲 DNA 濃度下，仍然可以增幅獲得預期之反應產物(圖 6)。另一方面，利用 1 隻及 5 隻之南方根瘤線蟲二齡幼蟲所抽取之 DNA，以 Mi148/Mi452 引子對進行反應，結果發現由 1 隻二齡幼蟲所抽取到的總量 DNA 取其 1/25 做爲 PCR 模板，結果即可順利偵測到根瘤線蟲之存在(圖 7)。另外於無菌砂土中分別加入 1 隻及 5 隻的南方根瘤線蟲二齡幼蟲，經抽取其全量 DNA，並以 Mi148/Mi452 引子對進行 PCR 增幅反應，結果顯示當土壤中含有 5 隻二齡幼蟲時所抽取到的 DNA 做爲模板時可以增幅出 342 bp 的產物片段，但由僅加入 1 隻二齡幼蟲及未加線蟲之無菌土中所得到的總量 DNA 則無任何增幅產物的出現(圖 7)。

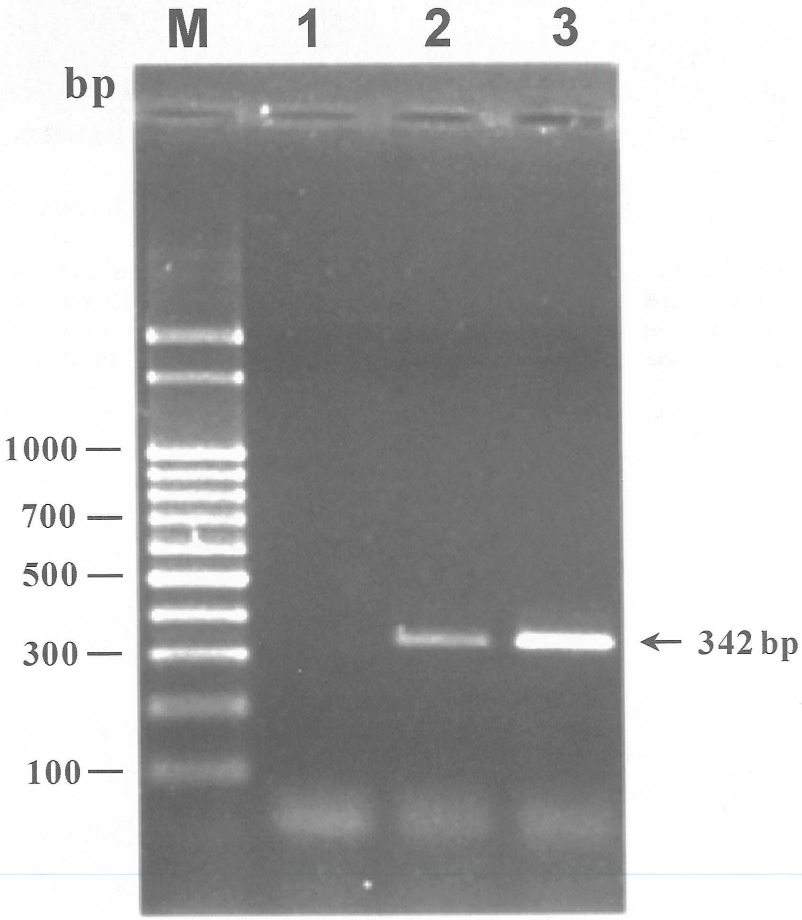

圖 5. 專一性引子對 Mi148/ Mi452 對感染番茄根瘤線蟲之土壤所抽取之 DNA 進行聚合酵素連鎖反應結果。

Fig. 5. PCR amplification of the DNA from meloidogyne-infected soil by specific primers Mi148/Mi452. Lane M: 100 bp ladder DNA Marker; Lane 1: the first DNA fraction; Lane 2: the second DNA fraction; Lane 3: the third DNA fraction.

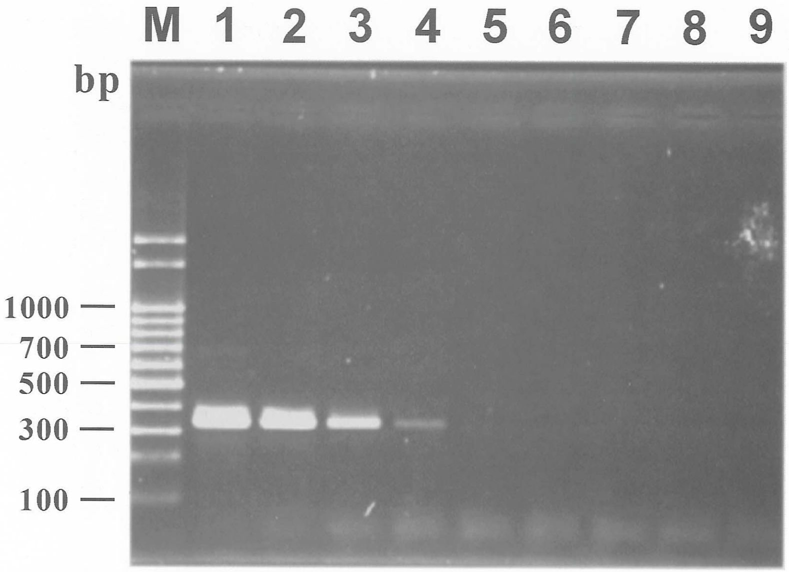

圖 6. 專一性引子對 Mi148/Mi452 對不同濃度南方根瘤線蟲 DNA 進行聚合酵素連鎖反應結果。

Fig. 6. PCR amplification of different concentration of template DNA from *Meloidogyne incognita* by specific primers Mi148/Mi452. Lane M: 100 bp DNA ladder marker; Lane 1: 10 ng; Lane 2: 1 ng; Lane 3: 100 pg; Lane 4: 10 pg; Lane 5: 1 pg; Lane 6: 100 fg; Lane 7: 10 fg; Lane 8: 1 fg; Lane 9: negative control.

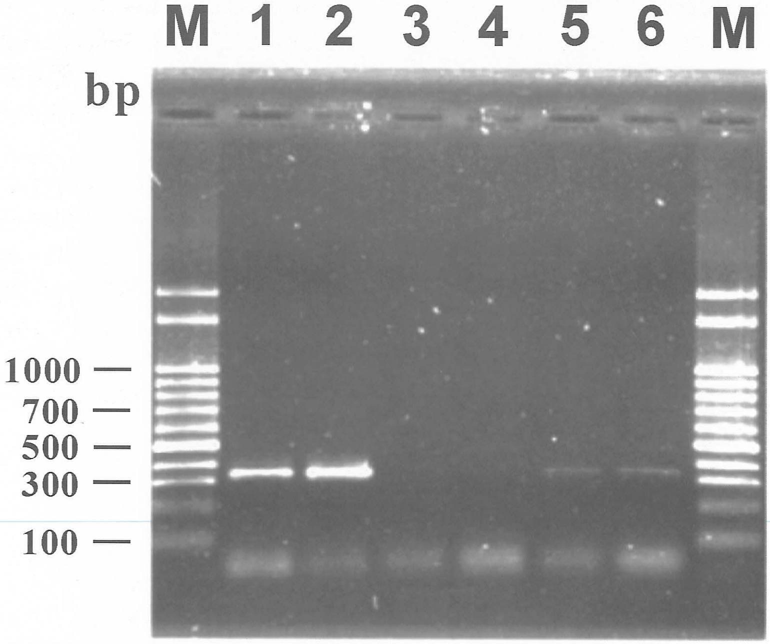

圖 7. 專一性引子對 Mi148/Mi452 對不同數量根瘤線蟲二齡幼蟲 DNA 進行聚合酵素連鎖反應結果。

Fig. 7. PCR amplification of template DNA from different numbers of second stage *Meloidogyne incognita* juvenile by specific primers Mi148/Mi452. Lane M: 100 bp ladder DNA marker; Lane 1: one purified juvenile; Lane 2: five purified juveniles; Lane 3,4: soil amended one juvenile; Lane 5,6: soil amended five juveniles.

討 論

核糖體 DNA(rDNA)序列分析已廣泛應用於眞核生物種內或種間鑑別之研究工具，近年來在不同種類動物或植物病原性線蟲相關之研究也愈趨受重視(Hoste *et al.* 1993，1995；Hoglund *et al.* 1999；Gasser 2001)。本研究發現南方、爪哇及花生根瘤線蟲之核酸序列彼此間之相同度可達 99 % 以上，而此三種線蟲與水稻根瘤線蟲之核酸差異較大，其核酸序列間之相同度僅有 85%左右(圖 2)。由此序列比對結果可知南方、爪哇及花生等根瘤線蟲之親緣關係較爲相近，而與水稻根瘤線蟲間之親緣關係則較遠。此外，將本研究所得之南方、爪哇以及花生根瘤線蟲之序列與國外已登錄於 Genebank 中之根瘤線蟲序列比對之後，發現本省根瘤線蟲之 rDNA 序列與國外所發表之序列極爲相似，以南方根瘤線蟲爲例，其 rDNA 序列與 Genebank 中登記號爲 U96304 之 *Meloidogyne incognita* 之 rDNA 序列相同度達 99.5 %(結果未示出)。在過去國外的相關研究亦顯示，南方、爪哇及花生根瘤線蟲之 rDNA 序列極爲相似(Powers *et al.* 1997)，顯示國內之根瘤線蟲與國外之根瘤線蟲具有相當接近的親緣關係。

爲了進一步利用此 rDNA 片段進行常見南方、爪哇及花生等根瘤線蟲的檢測工作，本研究依據南方根瘤線蟲之 rDNA 核酸序列，選擇已知不同屬間歧異度較大之 ITS1 及 ITS2 區間，設計了 Mi148/Mi452 引子對(圖 2)，另外，當以根腐線蟲、鞘線蟲、劍線蟲、冠線蟲、柑桔線蟲及腐生性線蟲等不同屬之線蟲所抽取之 DNA 進行此對引子之專一性測試時，發現此引子對對其它屬之線蟲均未能增幅出任何產物(圖 3)，並可由感染根瘤線蟲的番茄根系中所抽取得到之 DNA 獲得預期增幅產物(圖 4)，顯示 Mi148/Mi452 引子對在檢測作物根瘤線蟲上具有相當好的專一性，並不會受到植物體或土壤其它線蟲之影響。此外，由溫室含根瘤線蟲之病土中抽取土壤中 DNA 分爲三個部份，第一個部份的 DNA 無法獲得 PCR 增幅產物，而再經過 phenol/chloroform/isoamylacohol 純化及沉降步驟後就可以得到較明顯的 PCR 增幅產物(圖 5)，顯示土壤粗萃取液中可能具有某些干擾 PCR 反應之物質，必須加以純化清除，以免造成檢測時之干擾。綜合本研究結果顯示，Mi148/Mi452 引子對在實際檢測上，可檢測出土壤中少量線蟲的存在與否，預期將可大幅改善傳統利用分離鏡檢方式無法檢測少量線蟲存在的缺點。

在本研究中發現，南方、爪哇以及花生等根瘤線蟲彼此間之 rDNA 序列相同度相當高，因此利用此段 DNA 序列設計之引子對並無法將三者加以鑑別，故僅爲屬專一性引子對。由於在田間作物根瘤線蟲病害常見南方及爪哇根瘤線蟲複合感染之情形，爲進一步鑑別不同種之根瘤線蟲，未來必須另行設計測試種專一性引子對。由於在 rDNA 基因間尙有 intergenic spacer(IGS)區域亦爲非轉錄區(18S 與 28S 之間)，亦常被用在種間或種內之鑑別工具(Petersen & Vrain 1996；Petersen *et al.* 1997)，未來應可進一步由 IGS 序列著手進行南方、爪哇及花生根瘤線蟲的鑑別工作，配合本研究設計所得的專一性偵測用引子對，應可同時快速偵測及鑑別不同種之根瘤線蟲，預期本研究結果將可做爲植物防檢疫線蟲快速檢測之研究模式基礎。

誌 謝

本研究經費承蒙行政院農業委員會動植物防疫檢疫局 (89 科技-6.2-04(3), 90 農科-6.2.2-檢-B1) 補助經費，並感謝國立中興大學植物病理學系植物線蟲研究室吳信郁先生、黃惠茂先生所給予之協助，謹此致謝。

引用文獻

王國強、楊瓊儒、蔡安娜。1977。台灣 *Meloidogyne hapla* 根瘤線蟲之初次發現。植物保護學會會刊 20:386。

黃良玉。2001。應用 rDNA 內轉錄區間(ITS)序列特性探討萎凋病菌之親緣關係及利用聚合酵素連鎖反應技術檢測番茄萎凋病菌。國立中興大學植物病理學系碩士論文。98 pp.。

程永雄、杜金池。1980。台灣落花生根瘤線蟲 *Meloidogyne arenaria* 之鑑定。中華農業研究 29:47-53。

蔡東纂。1995。植物病原線蟲檢疫。植物病理學會會刊 4:43-59。

蔡東纂。1997。可能入侵台灣之植物病原線蟲及其防止對策。植物保護學會會刊 39:33-61。

Baum, T. J., P. M. Gresshoff, S. A. Lewis and R. A. Dean. 1994. Characterization and phylogenetic analysis of four root-knot nematode species using DNA amplification fingerprinting and automated polyacrylamide gel electrophoresis. Mol. Plant Microb. Int. 7:39-47.

Blaxter, M. L. 2001. Molecúlar analysis of nematode evolution. p.1-24. *in*: Parasitic Nematodes-Molecular Biology, Biochemistry and Immunology. (Kennedy, M. W. and W. Harnett, eds) CABI publishing.

Blok, V. C., M. S. Philips, J. W. McNicol and M. Fargette. 1997. Genetic variation in tropical *Meloidogyne* species as shown by RAPDs. Fund. Appl. Nematol. 20:127-133.

Campbell, A. J. D., R. B. Gasser and N. B. Chilton. 1995. Differences in a ribosomal sequence of *Stronglus* species allows identification of a single eggs. Inter. J. Parasitol. 25:359-365.

Carpenter, A. S., E. E. Hiatt, S. A. Lewis and A. G. Abbott. 1992. Genomic RFLP analysis of *Meloidogyne arnearia* race 2 populations. J. Nematol. 24:23-28.

Castagnone-Sereno, P., F. Vanderberghe-Masutti and F. Leroy. 1994. Genetic polymorphism between and within *Meloidogyne* species detected with RAPD markers. Genome 37:904-909.

Cenis, J. L. 1993. Identification of four major *Meloidogyne* spp. by random amplified polymorphic DNA (RAPD-PCR). Phytopathology 83:76-78.

Eisenback, J. D. 1985. Diagnostic characters useful in the identification of the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.)p.95-112. *in*: An Advanced Treatise on *Meloidogyne*. Vol. I. Biology and Control. (Sasser, J. N. and C. C. Carter, eds.) North Carolina State University Graphics, Ralegh, NC, U.S.A.

Eisenback, J. D., H. Hirschmann, J. N. Sasser and A. C. Triantaphyllou. 1981. A Guide to the Four Most Common Species of Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* species) with a Pictorial Key. North Carolina State University Graphics, Raleigh, NC, U.S.A. 48 pp.。

Fragette, M., V. C. Block, M. S. Philips and D. L. Trudgill. 1994. Genetic variation in tropical *Meloidogyne* species. p. 91-96. *in*: Advances in Molecular Plant Nematology. (Lamberti, F., C. De Giorgi and D. M. Bird, eds.) Plenum Press, New York, U.S.A.

Gasser, R. B. 2001. Identification of parasitic nematodes and study of genetic variability using PCR approaches. p.53-82. *in*: Parasitic Nematodes-Molecular Biology, Biochemistry and Immunology. (Kennedy, M. W. and W. Harnett, eds.) CABI publishing.

Harmann, K. M. and J. N. Saesser. 1985. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of different host test and perineal pattern morphology. p. 69-77. *in*: An Advanced Treatise on *Meloidogyne*. Vol. II. Methodology. (Baker, K. R., C. C. Carter and J. N. Sasser, eds.). North Carolina State University Graphics, Ralegh, NC, U.S.A.

Harris, T. S., L. J. Sandal and T. O. Powers. 1990. Identification of single *Meloidogyne* juveniles by polymerase chain reaction amplication of mitochondrial DNA. J. Nematol. 22:518-524.

Hoglund, J., E. Wilhelmsson, D. Christensson, T. Morner, P. Waller and J. G. Mattsson. 1999. ITS2 sequences of *Dictyocaulus* species from cattle, roe deer and moose in Sweden: molecular evidence for a new species. Inter. J. Parasitol. 29:607-611.

Hoste, H., R. B. Gasser, N. B. Chiltin, S. Mallet and I. Beveridge. 1993. Lack of intraspecific variation in the second internal transcribed spacer (ITS-2) of *Trichostongylus colubriformis* ribosomal DNA. Inter. J. Parasitol. 23:1069-1071.

Hoste, H., N. B. Chilton, R. B.Gasser and I. Beveridge. 1995. Differences in the second internal transcribed spacer (ribosomal DNA) between five species of *Trichostongylus* (Nematoda: *Trichostrongylidae*). Inter. J. Parasitol. 25:75-80.

Hoste, H., N. B. Chilton, I. Beveridge and R. B. Gasser. 1998. Differences in the first internal transcribed spacer of ribosomal DNA among five species of *Trichostrongylus*. Inter. J. Parasitol. 28:1251-1260.

Petersen, D. J. and T. C. Vrain. 1996. Rapid indentification of *Meloidogyne chitwoodi*, *M. hapla* and *M. fallax* using PCR primers to amplify their ribosomal intergenic spacer. Fund. Appl. Nematol. 19:601-605.

Petersen, D. J., C. Zijlstra, J. Wishart, V. Blok and T. C. Vrain. 1997. Specific probes efficiently distinguish root-knot nematode species signature sequences in the ribosomal intergenic spacer. Fund. Appl. Nematol. 20:619-626.

Powers, T. O. and T. S. Harris. 1993. A polymerase chain reaction method for identification of five major *Meloidogyne* species. J. Nematol. 25:1-6.

Powers, T. O., E. G. Platzer and B. C. Hyman. 1986. Species-specific restriction site polymorphism in root-knot nematode mitochondrial DNA. J. Nematol. 18:288-293.

Powers, T. O., T. C. Todd, A. M. Burnell, C. B. Murray, C. C. Fleming, A. L. Szalanski, B. A. Adams and T. S. Harris. 1997. The rDNA internal transcribed spacer region as a taxonomic marker for nematodes. J. Nematol. 29:441-450.

Van der Beek, J. G., R. Folkertsma, C. Zijlstra, P. H. G. VanKoert, L. M. Poleij and J. Baker. 1998. Genetic variation among pathogenetic *Meloidogyne* species revealed by AFLPs and 2D-protein electrophoresis contrasted to morphology. Fund. Appl. Nematol. 21:401-411.

Vrain, T. C., D. A. Wakarchuk, A. C. Levesque and R. I. Hamilton. 1992. Intraspecific rDNA restriction fragment length polymorphism in the *Xiphinema americanum* group. Fund. Appl. Nematol. 15:563-573.

Williamson, V. M., E. P. Cashwell-Chen, B. B. Westerdahl, F. F. Wu and G. Caryl. 1997. A PCR assay to identify and distinguish single juveniles of *Meloidogyne hapla* and *M. chitwoodi*. J. Nematol. 29:9-15.

Zijlstra, C. 1997. A fast PCR assay to identify *Meloidogyne hapla*, *M. chitwoodi* and *M. fallax*, and to sensitivity differentiate them from each other and from *M. incognita* in mixtures. Fund. Appl. Nematol. 20:505-511.

Zijlstra, C. 2000. Identification of *Meloidogyne chirwoodi*, *M. fallax* and *M. hapla* based on SCAR-PCR: a powerful way of enabling reliable identification of populations or individuals that share common traits. Eur. J. Plant Pathol. 106:283-290.

Zijlstra, C., A. E. M. Lever, B. J. Uenk and C. H. Van Silfhout. 1995. Differences between ITS regions of isolates of the root-knot nematodes *Meloidogyne hapla* and *M. chitwoodi*. Phytopathology 85: 1231-1237.

Zijlstra, C., B. J. Uenk and C. H. Van Silfhout. 1997. A reliable, precise method to differentiate species of root-knot nematodes in mixtures on the basis of ITS-RFLPs. Fund. Appl. Nematol. 20:59-63.

PCR-mediated Detection of *Meloidogyne* spp. Based on Ribosomal Internal Transcribed Spacer Sequences[1]

Hui-Fang Ni[2], Ruey-Shyang Chen[3], Mei-Hwa Wang[2], Tung-Tsuan Tsay[4] and Yung-Hsiung Cheng[2,5]

Summary

Ni, H. F., R. S. Chen, M. H. Wang, T. T. Tsay and Y. H. Cheng. 2003. PCR-mediated detection of m*eloidogyne* spp. based on ribosomal internal transcribed spacer sequences. J. Agric. Res. China 52:1-13.

The main objective of the study is to design a pair of specific primers for the detection of *Meloidogyne* spp. by PCR. The internal transcribed spacer (ITS) region of the ribosomal DNA from the representative isolates of *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, and *M. graminicola* were amplified by universal primers. The entire ITS region, including 5.8S subunit, was cloned and sequenced. The aligned results of obtained sequences showed that a high level of sequence identity was found among *M. incognita*, *M. javanica*, and *M. arenaria*. Two PCR primers, Mi148 and Mi452, were designed based on rDNA sequence of *M. incognita*. The primer pair was subsequently shown to amplify a 342 bp fragment from the DNA of *Meloidogyne* spp. On the contrary, this primer pair failed to amplify any fragments from the DNA from other tested nematodes. Using this primer pair, *Meloidogyne* spp. could be successfully detected from diseased plants and soil. The detection limit of the primer pair was as few as 10 pg template DNA, or 5 juveniles in soil.

Key words: *Meloidogyne* spp., Plant pathogenic nematodes, PCR-mediated detection, Ribosomal DNA (rDNA), Internal transcribed spacer (ITS).

---

1. Contribution No.2140 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : November 30, 2002.
2. Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experimental Station, TARI, Chiayi, Taiwan, ROC.
3. Graduate Institute of Biotechnology, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan, ROC.
4. Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail：cyh@dns.caes.gov.tw ; Fax：(05)2773630.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:14~22(2003)

激勃素、溶脫、刻傷及濕冷層積等處理改進巨峰葡萄種子發芽[1]

宋家瑋[2,3]　歐錫坤[2]

摘　要

宋家瑋、歐錫坤。2003。激勃素、溶脫、刻傷及濕冷層積等處理改進巨峰葡萄種子發芽。中華農業研究 52:14-22。

本試驗以濕冷層積、溶脫、刻傷及浸漬 GA_3 等處理‘巨峰’葡萄種子，探討低溫、生長調節劑與物理刻傷等因子對‘巨峰’葡萄種子發芽率的影響。結果顯示‘巨峰’葡萄種子要 5℃低溫濕冷層積一段適當的時間方能發芽，以濕冷層積 16 週之發芽率較高。在進行濕冷層積前流水浸泡 3 天可有效促進種子的發芽率。刻傷處理則無明顯促進種子發芽的效果。浸泡 GA_3 處理除種子發芽率隨處理濃度的增加而提高外，並可減少濕冷層積所需的時間及縮短平均發芽天數；在濕冷層積之前或之後浸泡 GA_3 均可提高發芽率。但高濃度的 GA_3 處理會導致幼苗，胚莖、第 1 節間及第 2 節間生長細長瘦弱，造成幼苗管理的不便。

關鍵詞：‘巨峰’葡萄、激勃素、溶脫、刻傷、濕冷層積。

前　言

在葡萄育種工作常會碰到種子發芽率較低的情況(Einset & Pratt 1975；Scott & Ink 1950)，葡萄種子的發芽率常隨品種基因型、採收時期、氣溫而有差異(Randhawa & Negi 1964)，如早熟基因型的葡萄種子因為胚未發育完全而發芽率很低(Balthazard 1969)。溫帶植物芽體及種子休眠過程，主要受到植物生理因子所控制，許多種子需要在含有適當水分及空氣的環境下，進行一段時間低溫濕冷層積後，種子才能順利發芽以及確保發芽後幼苗能正常的生長(Ottenwaelter *et al.* 1974; Scott & Ink 1950)。而葡萄果實成熟時種子是處於休眠的狀態，有些時候某些種子能馬上發芽，但萌芽後植株矮化且發育不正常(Flemion 1937；Scott & Ink 1950)，一般將葡萄種子放於 5℃濕冷層積三個月可有效增加發芽率(Flemion 1937；Harmon & Weinberger 1959；Scott & Ink 1950)，有些品種則濕冷層積 8 週(Chohan & Dhillon 1976)或 9 週(Kang *et al.* 1978)即可。

打破葡萄種子休眠除濕冷層積外也可配合其他處理，以促進種子發芽(Einset & Pratt 1975；Harmon & Weinberger 1959；Kang *et al.* 1978；Manivel & Weaver 1974；Pollock 1962)。Selim 等用不同濃度 GA_3、

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2141 號。接受日期：91 年 11 月 26 日。
2. 本所園藝組助理研究員、研究員兼組長。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：pcsung@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23399544。

Thiourea、IBA、IAA、Kinetin 及 Ethrel 等生長調節劑處理‘Romi red’葡萄種子，結果以 GA_3 處理效果最佳，Thiourea 和 Kinetin 居次，IAA、IBA 及 Ethrel 並無效果，濕冷層積前較濕冷層積後浸泡 GA_3 較爲有效(Selim *et al.* 1981)。目前激勃素已被廣泛用於許多需多需要層積處理打破休眠之作物種子，在商業上利用激勃素替代全部或部分低溫處理的作物，包括核果、柑橘、葡萄及林木種子(劉 1990)。使用激勃素可縮短濕冷層積所需的時間(Randhawa & Negi 1964)。但激勃素處理常會導致幼苗生長過高(Kang *et al.* 1978)或有較高比率的不正常苗發生(Selim *et al.* 1981)。另處理 0.5~2.0% 氰胺(H_2NCN)溶液 5 分鐘，能有效取代低溫促進種子發芽，可縮短葡萄育種時間(Spiegel-Roy *et al.* 1987)。

台灣鮮食葡萄栽培品種過於單純，消費季節與消費層面難以擴展，爲使品種多樣化發展，本所進行鮮食葡萄雜交育種工作。由於大部分兩性花葡萄是自交的，在進行控制雜交時必須加以除雄，將花冠及雄蕊去除(Einset & Pratt 1975)，葡萄花朵相當細小，除雄授粉雜交的工作需要細心及耐心，雜交種子得來相當不易。而葡萄是異質結合型之作物，雜交第一代即開始分離，若族群太小，易使大部分可能的雜交遺傳組合喪失(葉等 1987)。因此爲確保雜交種子後代的成活，使雜交族群能多量增加，提高育種效率，本試驗以濕冷層積、溶脫、刻傷、及浸漬 GA_3 等處理葡萄種子，探討低溫、生長調節劑與物理傷害等處理對‘巨峰’葡萄種子發芽率的影響。

材料與方法

本試驗以‘巨峰’葡萄(*Vitis vinifera* L. × *Vitis labruscana* Bailey cv. Kyoho)自然授粉種子爲材料，種子自成熟果實取出後加以洗淨，去除不飽和、過小種子，以億力 1000 倍消毒二十分鐘，然後進行不同試驗處理與調查。

將‘巨峰’葡萄種子放於含水量適中的蛭石中，於 5℃下濕冷層積 0、4、8、12、16、20 週，各種處理重複三次，每重複爲 50 粒種子，然後將種子放於 25℃生長箱中使其發芽，每星期調查一次發芽數目，探討濕冷層積時間長短對種子發芽率的影響。

在處理濕冷層積 16 週前與濕冷層積後分別進行漂水 3 天、刻傷、漂水 3 天加刻傷與對照共七個處理，各種處理重複三次，每重複爲 50 粒種子，然後將種子放於 25℃生長箱中使其發芽，每星期調查一次發芽數目，探討濕冷層積配合溶脫、刻傷對‘巨峰’葡萄種子發芽率的影響。

將種子分別浸於 0、500、1000、2000、4000 ppm GA_3 溶液中 24 小時後，放於潮濕蛭石中於 5℃下分別濕冷層積 0、8、16 週，各種處理重複三次，每重複爲 50 粒種子，然後將種子放於 25℃生長箱中使其發芽，每星期調查一次發芽數，探討處理 GA_3 溶液對濕冷層積時間及發芽率的影響。

在種子濕冷層積 12 週及 16 週前後分別浸 500 ppm 及 2000 ppm GA_3 溶液 24 小時，共 8 處理，各種處理重複三次，每重複爲 50 粒種子，然後將種子放於 25℃生長箱中進行播種，每星期調查一次發芽數目。探討在濕冷層積前或之後處理 GA_3 對發芽率的影響。

將種子分別浸於 0、50、100、200、300、400、500、1000、2000、4000 ppm GA_3 溶液中 24 小時後，直接於 25℃生長箱中使其發芽，各種處理重複三次，每重複爲 50 粒種子，每星期調查一次發芽數及腐爛種子數，計算種子發芽率(發芽率：發芽期間發芽種子數佔總播種數的百分比)、種子腐爛率(種子腐爛率：發芽期間腐爛種子數佔總播種數的百分比)及平均發芽天數(平均發芽天數 $= \Sigma fd/n$。 f：播種後第 d 天的發芽之種子數，d：播種後調查的天數，n：發芽的總種子數)；發芽種子分別播種於網室，於發芽後第 28 天調查下胚軸長度及徑寬、第一節間及第二節間長度及徑寬，探討葡萄種子直接浸泡 GA_3 溶液對種子發芽率、平均發芽天數及幼苗生長的的影響。

結　果

濕冷層積處理時間長短對‘巨峰’葡萄種子發芽率的影響，結果如表 1，以濕冷層積 16 週之 18.7 %發芽率最高，若濕冷層積處理 20 週，反而減低發芽率，其差異達到顯著。‘巨峰’種子在濕冷層積 16 週前後分別進行漂水 3 天、刻傷與漂水 3 天加刻傷等處理，然後將種子放於 25℃生長箱中使其發芽，調查溶脫及刻傷處理對‘巨峰’葡萄種子發芽率的影響，結果如表 2，先流水浸漬 3 天再濕冷層積處理 16 週，可明顯促進葡萄種子發芽率，而先濕冷層積 16 週後再流水浸漬 3 天的處理的發芽率與濕冷層積 16 週的對照組的發芽率差異不明顯；在濕冷層積 16 週前後分別進行刻傷處理，其發芽率差異並不明顯。將‘巨峰’種子浸於不同濃度的 GA_3 溶液中 24 小時後，於 5℃下分別濕冷層積 0、8、16 週，然後將種子放於 25℃生長箱中使其發芽，調查 GA_3 處理對‘巨峰’葡萄種子發芽率的影響，結果如表 3，隨處理濃度的增加，發芽率逐漸明顯增加。若比較相同 GA_3 濃度處理不同濕冷層積時間的發芽率，結果如表 4，較低濃度 500 ppm~1000 ppm 處理，有濕冷層積者較無濕冷層積者發芽率高，而在高濃度 4000ppm 處理者有無濕冷層積對發芽率的影響差異不明顯。濕冷層積前後處理激勃素對‘巨峰’葡萄發芽率的影響，結果如表 5，其差異並不明顯。激勃素處理可提高‘巨峰’葡萄種子發芽率，並可縮短濕冷層積所需的時間，故不經濕冷層積，直接以不同濃度的 GA_3 溶液浸漬‘巨峰’葡萄種子，然後調查其發芽的情形，結果如表 6，發芽率隨處理濃度增高，差異達到顯著水準，平均發芽天數也隨處理濃度的增加逐漸縮減，差異達到顯著。高濃度 GA_3 溶液處理‘巨峰’葡萄種子會對幼苗造成過度抽長及變細的現象，下胚軸、第一節間及第二節間的長度隨處理濃度的增加而有逐漸明顯增長及變細的情形發生，結果如表 7，此會對幼苗的生長管理造成不便。

表 1. 濕冷層積(5℃)時間長短對‘巨峰’葡萄發芽率的影響
Table 1. Effect of time of stratification (5℃) on seed germination of ‘Kyoho’ grape

Treatment	Time of stratification (wks)					
	0	4	8	12	16	20
	0.7^{z} c^{y}	2 c	2.7 c	1.3 c	18.7a	12.7 b

^{z} Seed germination (%), means of 3 replicates of 50 seeds per treatment.
^{y} Means in the row followed by the same letter are not insignificantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

表 2. 溶脫與刻傷處理對‘巨峰’葡萄發芽率的影響
Table 2. Effect of leaching and scarification on seed germination of ‘Kyoho’ grape

Treatments	Seed germination (%)^{z}
Stratification	18.7 c^{y}
Soaked in running water 3 days after stratification	18.0 c
Scarified after stratification	15.3 c
Soaked in running water 3 days and scarified after stratification	18.0 c
Soaked in running water 3 days before stratification	34.7 a
Scarified before stratification	16.0 c
Soaked in running water 3 days and scarified before stratification	26.0 b

^{z} Means of 3 replicates of 50 seeds per treatment under 16 weeks of stratification at 5℃.
^{y} Means in the same column followed by the same letter are not insignificantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

表 3. 濕冷層積前不同濃度 GA_3 與不同濕冷層積時間處理對‘巨峰’葡萄種子發芽率的影響

Table 3. Effect of GA_3 treatment before cold stratification and time of stratification on seed germination of ‘Kyoho’ grape

GA_3 treatment (ppm)	Seed germination (%)[z]		
	0 wk	8 wks	16 wks
Control A [y]	0.7 e	2.7 d	18.7 d
Control B [y]	1.3 e	1.3 d	18.0 d
500	23.3 d	38.7 c	37.3 c
1000	30.7 c	56.7 b	58.7 b
2000	47.3 b	72.0 a	65.3 ab
4000	69.3 a	76.7 a	72.7 a

[z] Means of 3 replicates of 50 seeds per treatment. Means in the same column followed by the same letter are not insignificantly different at 5% level by Duncan’s multiple range test.

[y] Control A: without soaking in water. Control B: soaked in water for 24 h before stratification.

表 4. 不同濕冷層積時間與 GA_3 處理對‘巨峰’葡萄種子發芽率的影響

Table 4. Effect of GA_3 treatment and time of stratification on seed germination of ‘Kyoho’ grape

Time of stratification(wks)	Control A [y]	Control B [y]	GA_3 treatments (ppm) [z]			
			500	1000	2000	4000
0	0.7 b	1.3 b	23.3 b	30.7 b	47.3 b	69.3 a
8	2.7 b	1.3 b	38.7 a	56.7 a	72.0 a	76.7 a
16	18.7 a	18.0 a	37.3 a	58.7 a	65.3 a	72.7 a

[z] Means of 3 replicates of 50 seeds per treatment. Means in the row followed by the same letter are not insignificantly different at 5% level by Duncan’s multiple range test.

[y] Control A: without soaking in water. Control B: soaked in water for 24 h before stratification.

表 5. 濕冷層積前後浸漬不同濃度的 GA_3 處理對‘巨峰’葡萄發芽率的影響

Table 5. Effect of GA_3 treatment before and after stratification on seed germination of ‘Kyoho’ grape

Treatment	Time of stratification (wks)	
	8	16
Control [z]	2.7 [y] c [x]	18.7 c [x]
Soaked in GA_3 at 500 ppm for 1 day before stratification	38.7 b	37.3 b
Soaked in GA_3 at 2000 ppm for 1 day before stratification	72.0 a	65.3 a
Soaked in GA_3 at 500 ppm for 1 day after stratification	32.7 b	32.7 b
Soaked in GA_3 at 2000 ppm for 1 day after stratification	65.3 a	64.0 a

[z] Without soaking in water before stratification.

[y] Seed germination (%), means of 3 replicates of 50 seeds per treatment.

[x] Means in the same column followed by the same letter are not insignificantly different at 5% level by Duncan’s multiple range test.

討 論

濕冷層積處理時間對‘巨峰’葡萄種子發芽率的影響

‘巨峰’葡萄的種子經 0～20 星期 5℃濕冷層積處理後，放於 25℃之生長箱調查其發芽率，結果如表 1，以濕冷層積 16 週之 18.7%發芽率最高，若濕冷層積處理 20 週，反而減低發芽率，其差異達到顯著。此與葉等(1987)報告‘金香’葡萄種子以濕冷層積 6 週發芽率最佳，14 週過度濕冷層積反而減低發芽率相似，其他隨濕冷層積時間的增加種子發芽率反而有下降情形發生的葡萄品種有‘Tokay’(12 週；kang *et al.* 1978)、‘Bangalore Blue’(11 週；Randhawa & Negi 1964)、‘Muscat of Alexandria’(12 週)、‘Almeria’(12 週)及‘Queen’(12 週；Harmon & Weinberger 1959)。

表 6. 不同濃度的 GA_3 處理對‘巨峰’葡萄種子發芽的影響

Table 6. Effect of different concentration of GA_3 treatment on seed germination of ‘Kyoho’ grape .

GA_3 treatment (ppm)[z]	Seed germination (%)	ADG (days)[y]	Rot (%)
Control[x]	0 d[w]	0 d[w]	0 d[w]
50	13.7 c	27.5 a	5.0 cd
100	16.0 c	27.2 a	6.0 bcd
200	23.7 c	25.8 ab	12.7 abcd
300	36.0 b	25.9 abc	13.0 abcd
400	40.0 b	24.8 abc	8.0 abcd
500	42.0 b	24.6 abc	14.7 abcd
1000	65.7 a	23.0 abc	16.3 abc
2000	69.0 a	22.1 bc	21.3 ab
4000	65.3 a	21.2 c	22.7 a

[z] Means of 3 replicates of 50 seeds per treatment.
[y] ADG : Average days of germination
[x] Soaked in water for 24 h before stratification.
[w] Means in the same column followed by the same letter are not insignificantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

表 7.‘巨峰’葡萄種子以不同濃度 GA_3 處理對萌芽期間胚莖與節間生長的影響

Table 7. Influence of GA_3 treatments on the growth of hypocotyl and internode during seed germination of ‘Kyoho’ grape

GA_3 treatment	Hypocotyl		1st Internode		2nd Internode	
(ppm)	Length(cm)	Width(mm)	Length(cm)	Width(mm)	Length(cm)	Width(mm)
Control[z]	3.0[y] f[x]	1.74 a	1.5 g	1.30 ab	1.1 f	1.24 ab
50	3.9 ef	1.65 abc	2.1 f	1.37 a	2.1 e	1.24 ab
100	5.5 cd	1.72 a	2.3 f	1.35 a	1.9 e	1.29 a
200	5.2 de	1.70 ab	2.5 ef	1.31 a	2.4 d	1.28 a
300	5.9 cd	1.74 a	2.9 e	1.39 a	2.5 d	1.13 abc
400	6.6 cd	1.58 bc	3.4 d	1.15 abc	2.4 d	1.13 abc
500	6.9 bc	1.61 abc	3.6 d	1.20 abc	2.8 c	1.19 ab
1000	8.1 ab	1.57 bc	4.8 c	1.07 bc	3.0 c	1.07 abc
2000	8.5 a	1.55 c	5.6 b	1.06 bc	4.1 b	1.00 bc
4000	8.4 a	1.55 c	6.1 a	0.99 c	5.2 a	0.90 c

[z] Soaked in water for 24 h before stratification.
[y] Data was collected 28 days after seed germination. Means of 3 replicates of 20 seeds per treatment.
[x] Means in the same column followed by the same letter are not insignificantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

調查中有少數種子未濕冷層積即能馬上發芽，但這些植株發育緩慢且不正常。Flemion 等人也觀察到葡萄未濕冷層積就發芽的幼苗，有時會有發生矮生、簇葉的情形發生(Flemion 1937；Scott & Ink 1950)。這現象與許多學者提到的生理矮性苗的現象相似(Chang & Werner 1984；Frisby & Seeley 1993；Pollock 1962)。

溶脫及刻傷處理對‘巨峰’葡萄種子發芽率的影響

‘巨峰’種子在濕冷層積 16 週前後分別進行漂水 3 天、刻傷與漂水 3 天加刻傷處理，然後將種子放於 25℃生長箱中使其發芽，調查其發芽率，結果如表 2，其中以先流水浸漬 3 天再濕冷層積處理 16 週，可明顯促進葡萄種子發芽率達 34.7%，但先濕冷層積 16 週後再流水浸漬 3 天的處理發芽率為 18.0%，與濕冷層積 16 週的對照組發芽率 18.7%差異不明顯。此應與巨峰葡萄種子在浸泡時，觀察有褐色物質溶出有關，據卓等(1995)對‘巨峰’葡萄種子在使用石灰氮(lime Nitrogen)浸出液處理時，有褐色物質被溶解出來，處理濃度越高及處理時間越長，則溶解的褐色物質越多，種子的發芽率也越高，進一步分析顯示‘巨峰’葡萄種子種殼的浸出物含有很高的 ABA 或類似物。因此葡萄種子先流水處理有助於抑制物質的溶出與降低含量，可於低溫濕冷層積時增加種子對發芽促進物質的敏感性，故‘巨峰’葡萄種子在濕冷層積前處理流水處理，可有效促進發芽率。此在芹菜、甜菜種子也有相似報告，其種子含有大量的發芽抑制物質，浸水後抑制物質被溶脫出來，因而可增加其發芽率(劉 1990)。

‘巨峰’種子在濕冷層積 16 週前後分別進行刻傷處理，即將葡萄種子尖的一端即核嘴部分在不傷到胚的長度下剪除，此處理不論葡萄種子在濕冷層積 16 週前後進行其差異並不明顯，而先流水浸漬 3 天及刻傷再濕冷層積 16 週的處理的發芽率為 26.0%，較濕冷層積處理 16 週後再流水浸漬 3 天及刻傷處理的發芽率 18.0%為高，差異達到明顯，但效果不如先流水浸漬 3 天再濕冷層積 16 週的處理(34.7 %)，顯示流水處理對‘巨峰’葡萄種子發芽有促進的效果，而將葡萄種子核嘴部分剪除的刻傷方式則效果不明顯。

GA_3 處理對‘巨峰’葡萄種子發芽率的影響

將‘巨峰’種子浸於 0、500、1000、2000、4000ppm GA_3 溶液中 24 小時後，於 5℃下分別濕冷層積 0、8、16 週，然後將種子放於 25℃生長箱中使其發芽，每星期調查一次發芽的情形，結果如表 3，以不同濃度的 GA_3 直接處理‘巨峰’葡萄種子，隨處理濃度的增加，發芽率逐漸明顯增加，尤其高濃度的 4000 ppm 處理可有效提高種子的發芽率。以不同濃度的 GA_3 處理葡萄種子後再濕冷層積 8 週及 16 週的發芽率也有相同的變化，隨處理濃度的增加，發芽率逐漸明顯增加，2000ppm 處理的發芽率與 4000ppm 處理者的發芽率相同。若比較相同濃度處理不同濕冷層積時間的發芽率，結果如表 4，未經 GA_3 處理者，必須濕冷層積 16 週，發芽率才能明顯提高，而較低濃度 500 ppm ～1000 ppm 處理，有濕冷層積者較無濕冷層積者發芽率高，而在高濃度 4000 ppm 處理者有無濕冷層積對發芽率的影響差異不明顯。此結果顯示 GA_3 處理有打破種子休眠的作用，低濃度 GA_3 處理配合濕冷層積能有較佳的發芽率，而高濃度 GA_3 處理則不論有無濕冷層積發芽率的差異並不明顯。

濕冷層積前後處理激勃素對‘巨峰’葡萄發芽率的影響

由於不同葡萄品種的種子在濕冷層積前後處理激勃素對發芽率的影響並不一定，如‘Bangalore Blue’、‘Bhokri’、‘Black Hamburg’及‘Hussaini’等品種種子先濕冷層積再浸激勃素溶液的處理對發芽最好，‘Black Muscat’及‘Romi red’等的葡萄種子則先浸激勃素再濕冷層積的發芽率較高(Selim *et al.* 1981)。

‘巨峰’葡萄種子濕冷層積 12 週及 16 週前後分別浸 500ppm 及 2000ppm GA_3 溶液 24 小時，共 8 處理，然後將種子放於 25℃生長箱中使其發芽，每星期調查一次發芽數目。結果不論濕冷層積 8 週或 16 週，所有用 GA_3 浸泡處理的發芽率均明顯較對照無處理者為高，浸 GA_3 2000ppm 1 天的處理發芽率又較浸 GA_3 500ppm 1 天的處理為高，但在濕冷層積之前或在濕冷層積之後處理 GA_3，對‘巨峰’葡萄種子發芽率的影響差異並不明顯(表 5)。

不同濃度的 GA_3 處理對‘巨峰’葡萄種子發芽的影響

激勃素處理可提高‘巨峰’葡萄種子發芽率，並可縮短濕冷層積所需的時間，故以不同濃度的 GA_3 溶液浸漬‘巨峰’葡萄種子後，直接放於 25℃生長箱中調查其發芽的情形，結果如表 6，發芽率隨處理濃度增高，差異達到顯著水準。平均發芽天數則隨處理濃度的增加，由 50ppm 的 27.5 天逐漸縮減到 4000ppm 的 21.2 天，差異達到顯著(表 6)，此顯示以不同濃度的 GA_3 溶液處理‘巨峰’葡萄種子，除可提高‘巨峰’葡萄種子的發芽率外，尚可減少平均發芽天數的作用，即發芽較爲整齊，此有利於育苗作業。

在以 GA_3 處理‘巨峰’葡萄種子時，其種子的腐爛率隨處理濃度的增加，腐爛率由對照組的 0%、50ppm 的 5.0%逐漸遞增到 4000ppm 的 22.7%，差異達到顯著水準(表 6)，此顯示以較高濃度的 GA_3 溶液處理‘巨峰’葡萄種子，雖可提高‘巨峰’葡萄種子的發芽率，但相對也會增加‘巨峰’葡萄種子的腐爛率。在‘金香’葡萄種子有用 GA_3 處理者，其種子腐爛率也較無處理者增加許多(葉等 1987)。

‘巨峰’葡萄種子經過濕冷層積處理後發芽過程正常，但用 GA_3 直接處理的種子則在胚莖伸出後，常會發生無法將種子外殼開裂鬆脫的情形。此由於在葡萄種子濕冷層積期間，種子外殼明顯軟化及開裂，但以激勃素直接處理的種子雖然休眠被快速終止而發芽抽高，但種子的外殼仍相當堅硬，不易開裂及脫落(Kang *et al.* 1978)，此會影響幼苗植株的成活。

以不同濃度 GA_3 溶液浸漬的‘巨峰’葡萄種子，在發芽後第 28 天調查幼苗的下胚軸、第一節間及第二節間的長度及徑寬，結果如表 7，下胚軸、第一節間及第二節間的長度隨處理濃度的增加而有逐漸明顯增長的情形，而下胚軸、第一節間及第二節間的徑寬度隨處理濃度的增加而有逐漸變細的情形發生，高濃度 GA_3 溶液處理‘巨峰’葡萄種子會對幼苗造成過度抽長及變細的現象，對幼苗的生長管理會造成不便。Kang 等人(1978)也觀察到此種影響。

綜合試驗結果顯示‘巨峰’葡萄種子要 5℃低溫濕冷層積一段適當的時間方能發芽，以濕冷層積 16 週之發芽率較高。於濕冷層積前流水浸泡 3 天可有效促進種子的發芽率。刻傷處理則對促進葡萄種子發芽效果不明顯。以 GA_3 處理‘巨峰’葡萄種子，除種子發芽率隨處理濃度的增加而提高外，並可減少濕冷層積所需的時間並縮短種子平均發芽天數。但高濃度的 GA_3 處理會使幼苗生長過高、纖細，易倒伏等的情形，加上種子外殼不易開裂脫落，也會影響幼苗植株的成活。因此爲有效改進‘巨峰’葡萄種子的發芽率的目的，並降低高濃度處理對種子發芽生長的不良影響，建議葡萄種子先漂水處理 3 天，再以較低濃度的 GA_3(500~1000 ppm)浸漬一天，然後濕冷層積 4~8 週，應爲最佳的處理方式。

致　　謝

本研究承蒙行政院農委會 89-科技-1.1-糧-06(44)及 90 農科-1.1.1-糧-Z5 計畫經費支持，謹致謝忱。同時感謝技工簡振生、劉明槵小姐及林淑華小姐等之協助。

引用文獻

卓小能、林伯年、沈德緒。1995。打破巨峰葡萄種子休眠及實生苗階段發育中內源激素的研究。果樹科學 12(2)：79-83。

葉漢民、蔣青華、何妙齡。1987。葡萄育種技術探討(I)葡萄種子發芽率之促進。菸葉試驗所工作報告：118-120。

劉正道。1990。蔬菜種子處理技術 p.43-46。精緻蔬菜產銷改進研討會專輯：台灣省桃園區農業改良場編印。桃園。

Balthazard, J. 1969. Temperatures alternees, longueur des embryons et pouvoir germinatif des graines de vinge. Compt. Rend. Acad. Sci. 269:2335-2338.

Chang, S. and D. J. Werner. 1984. Relationship of seed germination and respiration during stratification with cultivar chilling requirement in peach. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109(1):42-45.

Chohan, G. S. and B.S. Dhillon. 1976. Seed dormancy and endogenous growth substance in Anab-e-Shahi grapes. Vitis 15:5-10.

Einset, J. and C. Pratt. 1975. Grapes. p.130-153. in: Advances in Fruit Breeding.(Janick, J. and J. N. Moore, eds.) Purdue University Press, West Lafayette, Indiana.

Flemion, F. 1937. Afterripening at 5℃ favors germination of seeds. Contr. Boyce Tompson Inst. 9:7-15.

Frisby, J. W. and S. D. Seeley.1993. Chilling of endodormancy peach propagules:III. Break and subsequent growth of physiologically dwarfed to normal seeding. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118(2):258-263.

Harmon, F.N. and J.H. Weinberger. 1959. Effects of storage and stratification on germination of Vinifera grape seeds. Proc Amer. Soc. Hort. Sci. 73:147-150.

Kang, Y.D., R. J. Weaver, and R.M. Pool. 1978. Effect of low temperature and growth regulators on germination of seeds of Tokay grapes. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 92:323-330.

Manivel, L. and R.J. Weaver. 1974. Effect of growth regulators and heat on germination of Tokay grape seeds. Vitis 12:286-290.

Ottenwaelter, M.M., C. Boussion, J.P. Doazan, and M. Rives. 1974. A technique for improving the germinability of grape seeds for breeding purposes. Vitis 13:1-3.

Pollock, B. M. 1962. Temperature control of physiological dwarfing in peach seedings. Plant Physiol. 37:190-197.

Randhawa, G.S. and S.S. Negi. 1964. Preliminary studies on seed germination and subsequent seeding growth in grapes. Indian J. Hort. 21:186-196.

Scott, D.H. and D.P. Ink. 1950.Grape seed germination experiments. Proc Amer. Soc. Hort. Sci. 56: 134-139.

Selim, H.H., F.A. Ibrahim, M.A. Fayek, S.A. Sari El-Deen, and N.M. Gamal. 1981. Effect of different treatments on germination of Romi red grape seeds. Vitis 20:115-121.

Spiegel-Roy, P., Y. Shulman, I. Baron, and E. Ashbel. 1987. Effect of cyanamide in overcoming grape seed dormancy. HortScience 22(2): 208-210.

Improving Seed Germination of 'Kyoho' Grape by Treatments of Gibberellic Acid, Leaching, Scarification and Stratification[1]

Chia-Wei Song [2,3] and Shyi-Kuan Ou [2]

Summary

C. W. Song and S. K. Ou. 2003. Improving seed germination of 'Kyoho' grape by treatments of gibberellic acid, leaching, scarification and stratification. J. Agric. Res. China 52:14-22.

Improving seed germination of 'Kyoho' grape was conducted by a serious of treatments including stratification, gibberellic acid, leaching and scarification. Germination of seeds required a proper stratification period at 5℃. The maximum seed germination percentage of 'Kyoho' grape was performed by stratification for 16 weeks at 5℃. Before stratification, soaked seeds in running water for 3 days could enhance germination percentage. Scarification did not cause obvious effect on improving seed germination. Effect of GA_3 treatment on seed germination was more effective on increasing the seed germination percentage and decreasing the average day of germination by higher concentration, but over dosage of GA_3 treatments induced slender growth of hypocotyl and internode resulting in exceedingly tall seedling.

Key words : 'Kyoho' grape (*Vitis vinifera* L. × *Vitis labrusca* L. cv. Kyoho), Gibberellic acid, Leaching, Scarification, Stratification.

---

1. Contribution No.2141 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Accepted : November 11, 2002.
2. Respectively, Assistant Horticulturist and Director and Senior Horticulturist, Horticulture Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail：pcsung@wufeng.tari.gov.tw ; Fax：(04)23366544.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:23~30(2003)

臺南白玉米族群發芽之溫度反應 [1]

楊舒惠 [2]　謝光照 [3,5]　吳詩都 [4]

摘　要

楊舒惠、謝光照、吳詩都。2003。台南白玉米族群發芽之溫度反應。中華農業研究 52:23-30。

爲探討台南白玉米族群發芽之溫度反應及種子發芽最低、最適與最高三種基本溫度，本試驗將台灣不同地區(屏東、高雄、台南、雲林、台中、台北、花蓮、台東)所蒐集之台南白族群，於台中地區繁殖之後代爲材料，利用生長箱於不同溫度下進行發芽試驗。試驗結果，八個族群各發芽性狀之溫度反應，一般皆呈發芽溫度愈高而發芽始期、有效發芽期間及平均發芽時間愈短之趨勢；而發芽率及發芽係數隨溫度升高而增加，至 20℃~30℃時八個族群皆可達到最大，然而當溫度提升至 35、40℃時則下降。綜合發芽率最高且平均發芽時間最快之溫度範圍，可知屏東、台南、雲林、台中、花蓮及台東族群最適發芽溫度爲 25~30℃，而高雄及台北族群最適發芽溫度則爲 30℃。八個地區族群種子最高發芽溫度爲 40~45℃。利用種子發芽所需最低溫及溫度時間估算式求得八個台南白玉米族群發芽最低溫之變異幅度爲 2.9℃~3.5℃，而發芽溫度時間之變異幅度爲 55.1~59.0℃d。

關鍵詞：台南白、玉米、發芽、溫度。

前　言

台灣鮮食用玉米除了超甜玉米外，另有水煮或碳烤的白玉米，其栽培品種以台南白爲主。台南白玉米在台灣栽培已有 80 年的歷史，爲日據時代由日本傳入，因具有特殊的口感和風味，雖未曾刻意加以推廣，卻一直受廣大的消費者所喜愛，爲一重要的鮮食用白玉米品種。目前關於台南白的研究均著重於成株農藝性狀及產量(黃等 1990；楊等 1991；謝&曾 1998；謝&曾 1999)，至於台南白玉米族群發芽之溫度反應及最低、最適與最高等三種基本溫度(cardinal temperature)的相關文獻甚少，應加以探討。

前人研究顯示因所使用材料之遺傳形質之不同，玉米種子發芽之最低溫度變異在 4～10℃之間，最適溫度介於 25～32℃，而最高溫度之變異可達 40～46℃(Blacklow 1972；Derieux & Bonhomme 1990；Inouye 1952)。而許多學者利用各類作物種子爲材料，進行多種不同溫度下種子發芽試驗，並利用這些溫度範圍內的數據，進行最低、最適及最高發芽溫度之估算(Bierhuizen & Wagenvoort 1974；

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2142 號。接受日期：91 年 12 月 20 日。
2. 本所農藝組助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所農藝組副研究員，臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
4. 國立中興大學農藝系教授。臺灣省　臺中市。
5. 通訊作者，電子郵件：x486045@wufeng.tari.com.tw；傳眞機：(04)23302806。

Dumur *et al.* 1990；Gummerson 1986；Hegarty 1973；Tseng 1992)。本研究即利用生長箱進行試驗，以探討台南白玉米族群發芽之溫度反應及種子發芽最低、最適與最高三種基本溫度，以提供此族群在發芽性狀改良及栽培上之參考。

材料與方法

試驗材料之蒐集

由台灣八個地區(屏東、高雄、台南、雲林、台中、台北、花蓮、台東)所蒐集之台南白族群種子，於農業試驗所生產繁殖之後代爲材料進行試驗。

試驗方法

供試用之八個地區台南白族群種子經消毒、浸種後，將種子分別置於 9 公分直徑之發芽皿，發芽皿上鋪 Whatman No.3 濾紙，加入 10ml 蒸餾水，每一發芽皿放置 50 顆種子。於 8 種溫度(5℃、10℃、15℃、20℃、25℃、30℃、35℃、40℃)之恆溫生長箱中進行發芽試驗，八個地區台南白族群種子以完全逢機設計(CRD)，每一處理四重複，每重複 50 顆。每日補充適量水分，並檢視發芽種子數目，以胚根長出 2mm 長度時，視爲發芽。檢視至 30 天爲止，處理 30 天仍未見發芽者，視爲不發芽。

調查項目與方法

調查性狀有發芽始期、有效發芽期間、發芽率、平均發芽時間、發芽係數等其中(1)發芽始期(Days to first germination; day)：爲第一顆種子發芽所需天數。(2)有效發芽期間(Period of effective germination; day)：爲由第一個種子發芽開始至最後一粒種子發芽所經過的日期。(3)發芽率(Germination rate;%)：爲發芽種子數除以置床種子數。(4)平均發芽時間(Mean germination time; day)：爲 $T=\Sigma t \times n / \Sigma n$(Eills and Roberts 1980)，式中 n 爲第 t 天之發芽種子數，Σn 爲發芽種子總數。(5)發芽係數(Germination coefficient; %/day)：爲發芽率/平均發芽時間。

統計分析方法

將不同地區族群在 8 種溫度處理下所得資料進行變方分析、平均值顯著性比較。爲求得各族群之最低發芽溫度、累積溫度，以 Garcia-Huidobro *et al.*(1982)之種子發芽所需最低溫估算式：$T = Tb + \theta \times 1/t$(式中 t 爲平均發芽時間；1/t 爲發芽速率；Tb 爲直線模式之截距，即最低發芽溫度；θ 爲直線模式之斜率，爲發芽的溫度時間)，選取 5℃-30℃範圍內之資料，進行發芽速率與溫度之直線回歸。發芽率之資料經反正弦轉換後再進行分析。

結　　果

本試驗將八個不同地區台南白玉米族群在八個不同溫度條件下進行發芽試驗，各發芽性狀之平均值列於表 1。種子發芽始期在溫度 5℃時平均爲 16.34 天，至 40℃時爲 1.94 天，一般呈發芽溫度愈高而發芽始期愈短之趨勢。種子之有效發芽期間也呈類似趨勢，一般溫度愈高有效發芽期間愈短，在 5℃時爲 11.15 天，至 40℃時則縮短爲 3.65 天。發芽率在溫度爲 5℃時僅 17.93%，而後因溫度升高而發芽率增加，至 25℃時爲 96.43%；然而溫度再提升至 35、40℃時，發芽率則降爲 41.93%、26.41%。種子平均發芽時間一般呈溫度升高而縮短發芽天數之趨勢，在 5℃時平均發芽時間爲 20.37 天，10℃時則降爲 8.45 天，至 35℃時發芽時間顯著縮短爲 2.2 天；但增加至 40℃時，反而延長爲 2.77 天。種子之發芽係數在 5℃時僅 0.8%/day，至 30℃時增爲 44.7%/day；但當溫度升至 35、40℃時，發芽係數則降至 19.4%/day 及 9.5%/day。顯示當溫度高於 35℃時，台南白玉米種子已產生高溫逆境。

種子發芽率最高且發芽時間最快之溫度即爲發芽最適溫度(Copeland 1976)，茲將八個地區族群發芽最適溫度之範圍列如圖 1A~H，由發芽率觀之，屏東族群(Fig.1-A)在 10~30℃溫度範圍內發芽率差異

不顯著且達最高，爲 94.25~97.0%。同樣的高雄(Fig.1-B)、雲林(Fig.1-D)、台中(Fig.1-E)、花蓮(Fig.1-G)及台東(Fig.1-H)族群在溫度 10~30℃時發芽率達最高，分別爲 94.0~96.75%、94.75~97.75%、93.75~97.75%、95.25~98.0%及 93.75~97.0%；而台南(Fig.1-C)及台北(Fig.1-F)族群在溫度 15~30℃時發芽率達最高，分別爲 93.0~96.5%及 89.5~95.75%。由圖可知對屏東、高雄、雲林、台中、花蓮及台東族群而言，發芽之適當溫度範圍爲 10~30℃；而對台南及台北族群而言，發芽之適當溫度範圍爲 15~30℃。但由平均發芽時間觀之，在 20℃以下時，八個族群平均發芽時間均達 5 天或 5 天以上。屏東族群在溫度 25~30℃時平均發芽時間最短，爲 2.12~2.35 天；高雄及台北族群在溫度 30~35℃時平均發芽時間達最短，分別爲 2.08~2.12 天及 2.18~2.24 天；而台南、雲林、台中、花蓮及台東族群在溫度 25~35℃時平均發芽時間達最短，分別爲 2.13~2.39 天、2.09~2.4 天、2.06~2.37 天、2.1~2.17 天及 2.07~2.39 天。綜合上述發芽率最高且平均發芽時間最短之溫度範圍，可知最適發芽溫度在屏東、台南、雲林、台中、花蓮及台東等族群爲 25~30℃，而高雄及台北兩族群在溫度 25~30℃時可發芽良好，但最適溫則爲 30℃。

以 Garcia-Huidobro *et al.*(1982)之種子發芽所需最低溫估算式，求配在 5℃~30℃範圍內，八個族群在各溫度條件下之平均發芽速率(1/t)和溫度之直線回歸，結果列於圖 2A~H。由圖中直線回歸模式可知，各族群最低發芽溫度(模式中截距)分別爲：屏東族群(Fig.2-A)爲 3.13℃、高雄族群(Fig.2-B)爲 2.94℃、台南族群(Fig.2-C)爲 3.55℃、雲林族群(Fig.2-D)爲 3.0℃、台中族群(Fig.2-E)爲 3.15℃、台北族群(Fig.2-F)爲 3.14℃、花蓮族群(Fig.2-G)爲 3.13℃、台東族群(Fig.2-H)爲 3.13℃。而各族群發芽所需溫度時間(模式中之斜率)分別爲：屏東族群爲 55.46℃d、高雄族群爲 57.27℃d、台南族群爲 55.24℃d、雲林族群爲 55.61℃d、台中族群爲 55.67℃d、台北族群爲 59.01℃d、花蓮族群爲 53.64℃d、台東族群爲 55.16℃d。各族群所求配之基礎溫度以高雄族群最低，台南族群最高，其餘族群間差異甚小。各族群求配之累積溫度以台北族群最高，其次爲高雄族群，再其次爲台中、雲林、屏東、台南及台東族群，累積溫度最低者爲花蓮族群。

討　　論

溫度爲影響種子發芽的主要因素之一，發芽特性的表現與其在不同溫度下之行爲有關。本試驗中台南白八個族群各發芽性狀之溫度反應，一般皆呈發芽溫度愈高而發芽始期愈短之趨勢；種子之有效發芽期間也呈類似趨勢，一般溫度愈高有效發芽期間愈短；八個族群發芽率隨溫度升高而增加，至 20℃~30℃時八個族群皆可達到最大，然而當溫度再提升至 35、40℃時則下降；平均發芽時間一般呈現隨溫度升高而縮短發芽天數之趨勢；發芽係數隨溫度升高而增加，至 25℃~30℃時八個族群皆可達到最大，而溫度提升至 35、40℃時則下降。

表 1. 八種不同溫度對白南白玉米種子之發芽影響
Table 1. Effect of temperatures on germination of Tainan-white maize seeds

Temperature(℃)	Days to first Germination (day)	Period of effective Germination (day)	Germination rate[y] (%)	Mean Germination time (day)	Germination Coefficient (%/day)
5	16.34	11.15	17.93	20.37	0.8
10	5.90	8.15	93.53	8.45	11.0
15	3.12	5.75	95.81	5.06	18.9
20	2.25	4.28	94.96	3.47	27.3
25	1.62	3.50	96.43	2.40	40.1
30	1.18	3.59	95.34	2.12	44.7
35	1.00	4.56	41.93	2.20	19.4
40	1.94	3.65	26.41	2.77	9.5
$LSD_{0.05}$	0.25	0.48	2.24	0.21	0.9

[z] Means of eight TNW populations
[y] Data was arcsine transformed.

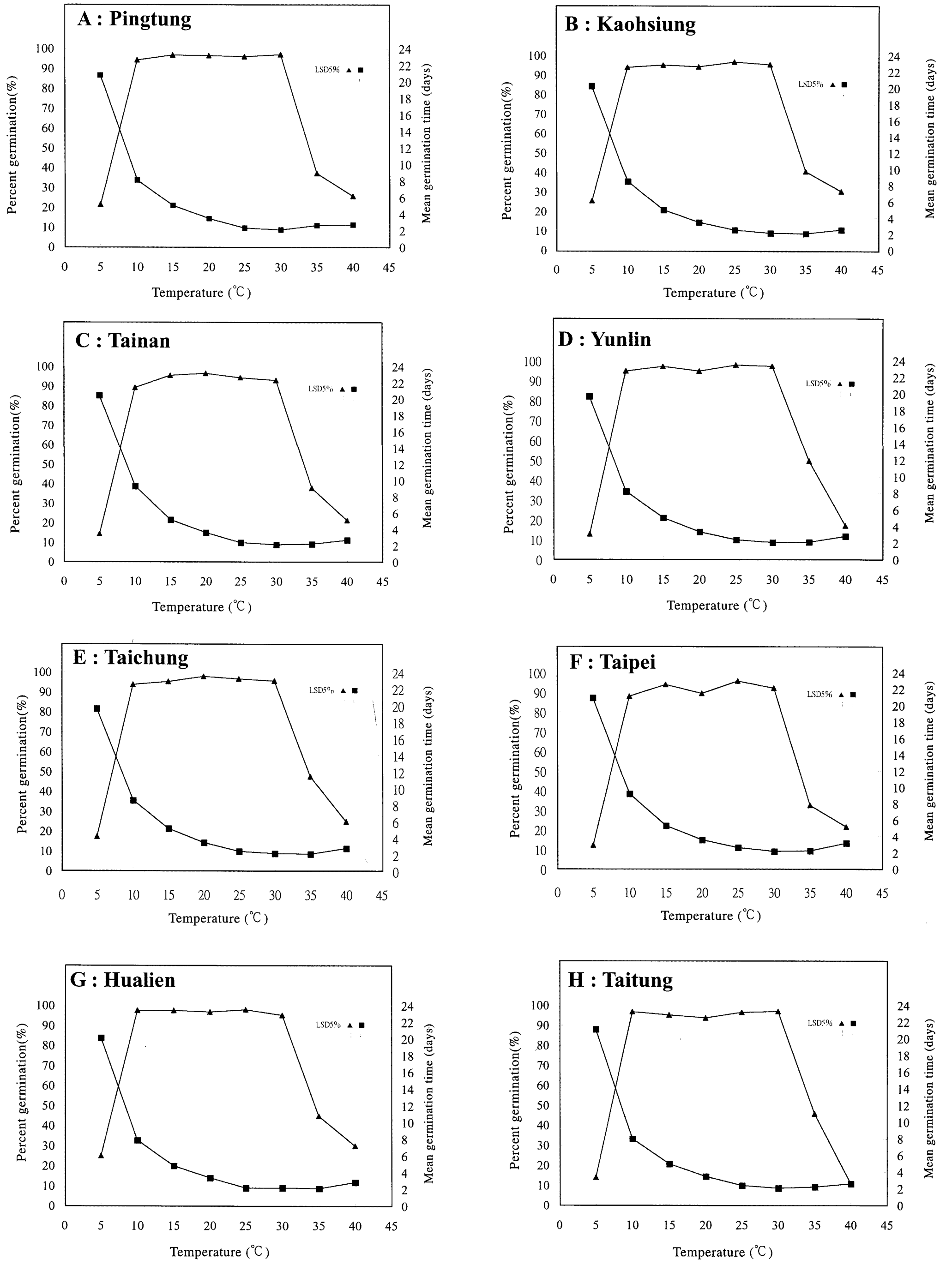

圖 1. 不同溫度對八個台南白玉米族群種子發芽率及平均發芽時間之影響。

Fig. 1. Effects of temperatures on germination percentage (▲) and mean germination day (■) of eight populations of Tainan-White maize seeds.

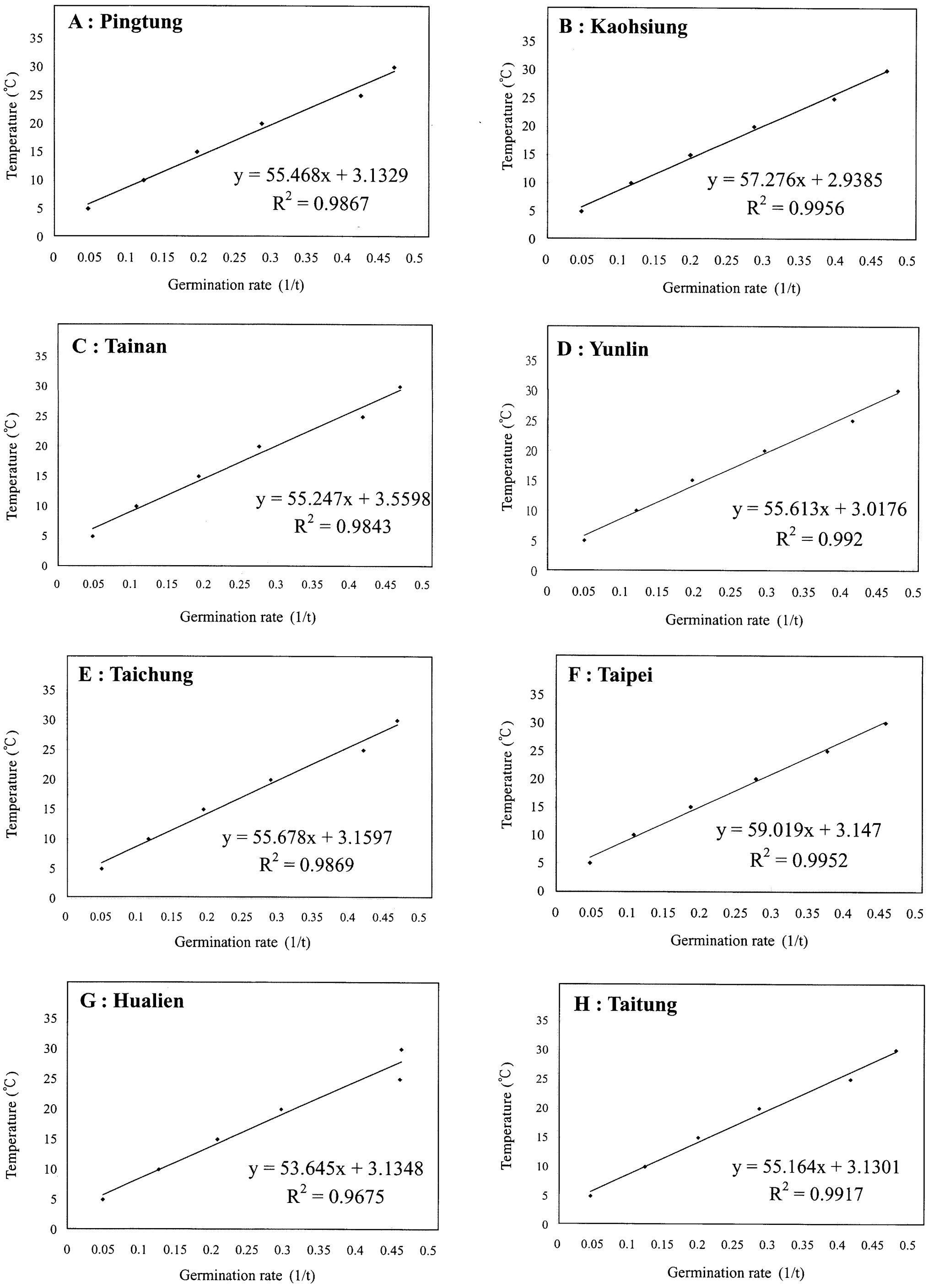

圖 2. 八個不同族群台南白玉米種子發芽率與溫度之相關。

Fig. 2. The relationship between temperatures and mean of germination rate (1/t) of eight populations of Tainan-White maize seeds.

玉米種子發芽之最低溫度，Durand *et al.*(1982)在探求玉米播種至萌芽之累積溫度時，所採用之基礎溫度爲 2℃。而 Derieux & Bonhomme(1990)以雜交種玉米爲材料，認爲其發芽基礎溫度爲 6~8℃；依 Inouye(1952)報告則爲 6~10℃。Warrington & Kanemasu(1983)以兩個雜交種玉米 XL45 及 W346 爲材料，指出玉米發芽最低溫度爲 9℃，而種子發芽所需溫度時間(thermal time)爲 62.5℃d。由上述學者之研究顯示，玉米的種質極多，適合於溫帶地區早春播種者，其發芽的最低溫度一般較低；適應於熱帶之種質，一般其發芽之最低溫度通常較高，故種質的不同其結果也有所差異。本試驗所得八個台南白玉米族群最低溫度之變異幅度爲 2.9℃~3.5℃，和曾與黃(1995)以兩個台南白玉米族群爲材料，求得其發芽最低溫度爲 4℃，極爲相近，且大致在前人研究結果的溫度範圍內。而八個族群發芽所需溫度時間爲 55.1~59.0℃d，略低於曾與黃(1995)研究之結果，可能係所使用方法及器材精密度的不同或因不同地區的台南白族群已分化成適應不同生態環境之基因型(謝&曾 1998)故其結果有所差異。

種子發芽率最高且發芽時間最快之溫度即爲發芽最適溫度(Copeland 1976)，本試驗結果綜合發芽率最高且平均發芽時間最快之溫度範圍，可知八個族群最適發芽溫度在屏東、台南、雲林、台中、花蓮及台東等族群爲 25~30℃，而高雄及台北族群最適發芽溫度則爲 30℃。根據 Inouye(1952)利用發芽係數來判定玉米之最適發芽溫度，本試驗結果除花蓮族群在溫度爲 25℃時發芽係數達最大外，其餘族群皆在溫度爲 30℃時發芽係數達最大。由上可推論，八個地區台南白玉米族群種子發芽之最適溫度在 25~30℃範圍內。此溫度和前人研究結果的 30℃(Blacklow 1972；Warrington & Kanemasu 1983)、33.6℃(Itabari *et al.* 1993)及 23.5~26.5℃(曾&黃 1995)相近。

本試驗在 40℃時八個地區族群種子發芽率尚可達 10.7%~30.2%，可見八個地區台南白族群種子最高發芽溫度高於 40℃。與前人研究結果玉米發芽最高溫可達 40~46℃(Blacklow 1972；Inouye 1952；Itabari *et al.* 1993)相近似。

引用文獻

曾美倉、黃懿秦。1995。溫度對台南白玉米種子發芽之影響。中華農藝 5:365-373。

黃懿秦、楊文煌、曾美倉、謝兆樞。1990。不同地區之台南白族群間農藝性狀差異之比較。台大農學院報告 30:52-59。

楊文煌、黃懿秦、曾美倉、黃賢喜。1991。不同栽培環境對台南白玉米產量及農藝性狀之影響。中華農藝 1:293-308。

謝光照、曾富生。1998。台灣不同地區台南白玉米族群之變異。中華農業研究:204-219。

謝光照、曾富生。1999。台南白玉米自交系產量與其它農藝性狀之組合力分析。中華農藝 9:175-183。

Bierhuizen, J. F., and W. A. Wagenvoort. 1974. Some aspects of seed germination in vegetables. I. The determination and application of heat sums and minimum temperature for germination. Sci. Horti. 2:213-219.

Blacklow,W. M. 1972. Influence of temperature on germination and elongation of the radicle and shoot of corn (*Zea mays* L.). Crop Sci. 12:647-650.

Copeland, L. O. 1976. Principles of Seed Science and Technology. Burgess Publishing Company, Minneapolis, Minnesota, USA. 59 pp.

Derieux, M., and R. Bonhomme. 1990. Heat units requirements of maize inbred lines for pollen shedding and silking：Results of the European FAO network. Maydica 35:41-46.

Dumur, D., C. J. Pilbeam, and J. Craigon. 1990. Use of the weibull function to calculate cardinal temperatures in faba bean. J. Exp.Bot.41:1423-1430.

Durand, R., R. Bonhomme, and M. Derieux. 1982. Seuil optimal des sommes de temperatures application au mais (*Zea mays* L.). Agronomie 2:589-597.

Eills, R. H., and E. H. Roberts. 1980. Towards a rational basis for testing seed quality. P.605-635 In Seed Production P. D. Hebblethwaite, ed. Butterworth, London.

Garcia-Huidobro, J., J. L. Monteith, and G. R. Squire. 1982. Time, temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. H.). J. Exp. Bot. 33:288-296.

Gummerson, R. J. 1986. The effect of constant temperature and osmotic potentials on the germination of sugar beet. J. Exp. Bot. 37:729-741.

Hegarty, T. W. 1973. Temperature relations of germination. p 411-432. In Seed Ecology W. Heydecker, ed. Butterworth, London.

Inouye, C. 1952. Influence of temperature on the germination of seeds. 6. Maize (*Zea mays* L.). Proc. Crop Sci. Jpn. 21:79-80.

Itabari, J. K., P. J. Gregory, and R. K. Jones. 1993. Effects of temperature, soil water status and depth of planting on germination and emergence of maize (*Zea mays* L.) adapted to semi-arid eastern Kenya. Expl. Agric. 29:351-364.

Tseng, M. T. 1992. Effects of temperature on the germination of papaya seeds. J. Agric. Assoc. China 158:29-45.

Warrington, I. J., and E. T. Kanemasu. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod. I. Seedling emergence, tassel initiation, and anthesis. Agron. J. 75:749-754.

Characterization of the Germination Response to Temperature of Tainan-White Maize Populations[1]

Shu-Hui Yang[2], Guang-Jauh Shieh[3,5] and Shu-Tu Wu[4]

Summary

Yang, S. H., G. J. Shieh and S. T. Wu 2003. Characterization of the Germination Response to Temperature of Tainan-White Maize Populations. J. Agric. Res. China 52:23-30.

Tainan-White (TNW) is a native maize population which has been cultivated for over 80 years in Taiwan. TNW has been traditionally ultilized as a green corn. Eight Tainan-White maize populations collected from Pingtung, Kaohsiung, Tainan, Yunlin, Taichung, Taipei, Hualien and Taitung areas were planted at Taichung, and then, the produced seeds were used to study the effect of different temperatures on seed germination from 5-40℃ in growth Chanber. The optimum temperatures for seed germination of Pingtung, Tainan, Yunlin, Taichung, Hualien and Taitung populations were 25~30℃ and while the optimum temperature for Kaohsiung and Taipei populations was 30℃. The maximum temperatures for germination of eight populations were 40~45℃. Regression analysis showed that the minimum temperatures for seed germination were in the range of 2.9~3.5℃, and the thermal time of germination was in a range of 55.1℃ ~59.0℃d.

Key word： Tainan-White, Maize, Germination, Temperature

1. Contribution No.2142 from Taiwan Agriculture Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : December 20, 2002.
2. Assistant, Agronomy Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, R.O.C.
3. Associate Researcher, Agronomy Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Professor, Agronomy Division, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail：x486045@wufeng.tari.com.tw ; Fax：(04)23302806.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:31~39(2003)

葉菜類蔬菜包裝機之研製[1]

邱相文[2,4]　梁連勝[3]

摘　要

邱相文、梁連勝。2003。葉菜類蔬菜包裝機之研製。中華農業研究 52:31-39。

蔬菜包裝不但可提高商品價質，更可減少儲運過程的損傷，本研究旨在發展一套專用於葉菜類蔬菜包裝的機械。葉菜類蔬菜比較脆弱，容易因受外力而損傷，因此在包裝方式就不同於水果及根莖類的裝袋方式。本研究係利用橫向輸送進料方式在蔬菜外表直接包覆膠膜完成製袋、封袋、出料等動作而達成機械包裝作業。本試驗機組裝完成後，即進行蔬菜包裝試驗，試驗結果顯示包裝功能已能達到市面上所要求的包裝精美度。目前作業速率每分鐘可達 30~50 包之間，作業效率爲人工之 10 倍以上，包裝成功率達 95%以上。

關鍵詞：葉菜類、包裝機。

前　言

目前國內消費者對生鮮蔬菜的消費，已逐漸由在傳統市場任意挑選的購買習慣，轉變爲在超市展售架上直接選購小包裝蔬菜的型態。由於消費行爲之改變，蔬菜在運銷到超市之前，必須進行小包裝作業。蔬菜小包裝不但可因精美的外觀包裝及品牌標示而提高商品價質，同時更可達到保鮮的效果而延長儲存及展售期限。因此，蔬菜小包裝作業已成爲一項蔬菜收穫後處理中重要的作業流程。目前因尙無適用之包裝機可資應用，因此小包裝作業流程，已成爲蔬菜集貨場或產銷班之作業瓶頸(方 2001，盧 1994)，同時，包裝作業係以勞力密集之手工進行套袋包裝與封口，故在產銷班或集貨場傳統之包裝作業線均需要大量的人力投入。由於人工作業效率低，且工資昂貴，生產效能難以發揮，尤其在盛產期間，果菜單價低廉時，更顯得人事成本負擔之沉重，無形中提高了蔬菜之生產成本，前述之缺點爲葉菜以小包裝運銷時亟待解決之問題。

過去國內對於蔬果產品收穫後包裝機械之研究，大部分均著重在瓜果及根莖類包裝機之引進與研發。目前應用在農產品的包裝機械有眞空包裝機，如茶葉、筍乾、柿餅等加工後之農產品包裝；另有從國外引進應用在花果菜類及根莖菜類包裝之保鮮膠膜包裝機，其包裝方式需要把農產品先用保麗龍托盤盛裝後再送入包裝機中封裝膠膜。國立中興大學農業機械工程學系所發展之疊袋式柑桔自動套袋機(陳等 1994)係爲柑桔儲存與保護而開發，其主要之作業原理係以單粒進料機構進料，供袋機構則採

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2143 號。接受日期：92 年 1 月 3 日。
2. 本所農工組技佐。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所農工組研究員兼組長。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
4. 通訊作者，電子郵件：chiusw@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(04)23338162。

用卡匣疊袋式進給，套袋機構係利用空氣壓縮機產生之負壓配合開袋吸盤來取袋與開袋，柑桔落入袋後以捲袋方式進行封袋。該機作業速率每分鐘約套袋 25 個，作業效率爲人工的 3 倍，套袋成功率達95%以上。國立台灣大學生物機電工程學系曾針對穴盤苗的成苗運送，進行蔬菜成苗包裝機械之研製(馮等 1996)，將穴盤苗自動放入瓦楞紙箱中進行堆疊裝箱作業。因此，之前應用在葉菜類蔬菜的包裝機械，無論是國外引進機種或國內產官學界自行開發之機種均付之闕如。本研究基於以上所述，及因應蔬菜小包裝之需求，進行葉菜類蔬菜包裝機之研製，以期達成葉菜類蔬菜機械化包裝之目的。

材料與方法

本研究爲解決目前蔬菜小包裝處理場所面臨葉菜類蔬菜小包裝機械化包裝作業之機械問題，除了先對所處理的對象－「葉菜類蔬菜」進行其物理特性和機械特性等研究調查外，並針對國內傳統手工套袋包裝作業流程進行研究調查，以不改變傳統的處理流程及機械設備之條件下，規劃設計本研究之機械化包裝流程，以符合現階段之需求，將人工包裝流程中之取袋、開袋、裝袋、封袋等作業流程運用機械動作加以取代，並藉機械化作業，提高包裝作業效能。本研究之試驗方法詳述如下：

進行蔬菜包裝機之規劃、設計研製及改良：進行蔬菜自動輸送與進料機構之研製、蔬菜包裝機之製袋、裝袋與封袋機構之研製、包裝機試驗機各部結構主體、傳動機構之研製、控制系統之研製與試驗與葉菜類蔬菜之包裝試驗與改良。

包裝機性能試驗：每次選取一種蔬菜進行包裝試驗，每次試驗時間爲 20 分鐘。分別計算包裝機作業能力與成功率，並進行人工包裝對照試驗，以分析作業效率、機械效益及經濟效益。

結　　果

葉菜類蔬菜包裝機之機體結構

本機外觀尺寸規格：長、寬、高分別爲 800 ㎝、105 ㎝與 150 ㎝，主動力源爲 2HP 直流馬達，使用 220V 電源，熱熔封袋機構電熱功率爲 2.9KW。包裝作業主要機構爲進料輸送部、製袋成形器、背封與膠膜牽引機構、迴轉式熱熔封口切刀、出料輸送帶、控制箱、膠膜捲筒承載架、動力傳導系統及承載主機架等，各部構造如圖 1 所示。

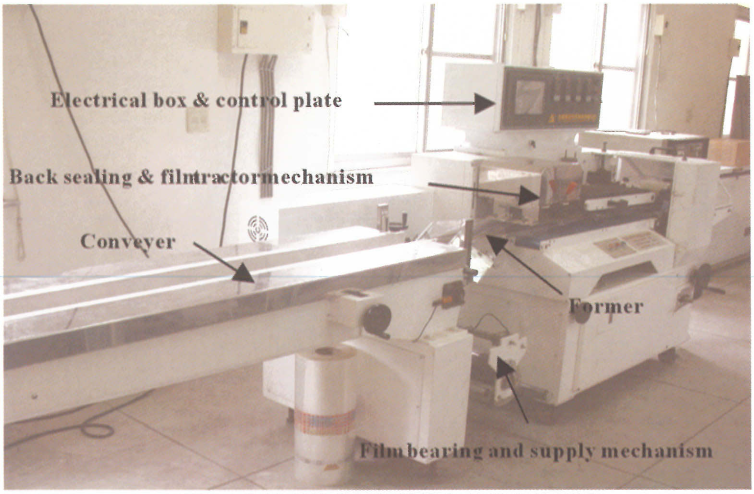

圖 1. 農試型葉菜類包裝機各部構造外觀圖。

Fig.1. View of the TARI-type Leaf vegetable packing machine.

進料輸送帶：葉菜類蔬菜比較脆弱，容易因外力損傷而影響品質，因此使用之包裝方式不同於其他果菜類。農試型葉菜類蔬菜包裝機採用臥式橫向輸送帶作爲蔬菜包裝作業進料工作台，進料輸送帶長爲 310 ㎝，輸送槽寬度可隨包裝物之平面寬度調整 10～25 ㎝。蔬菜經人工選別分級及秤重後放入輸送導槽內，通過製袋成形器，藉製袋器之引導，使膠膜在此完成由下往上之環狀包裹動作，隨後進行熱熔封裝。

製袋成形器：主要功能爲引導帶狀的膠膜在此轉摺成形爲環帶狀，並承接由輸送帶送進之蔬菜，將其套裝在膠膜內，並藉膠膜兩側邊緣的收斂牽引，便可完成蔬菜的裝袋動作。製袋成形器外觀結構如圖 2 所示，製袋作用情形如圖 3 所示。其總長爲 57 ㎝，開口寬度即爲包裝袋的成形寬度，爲了因應各種不同種類蔬菜的包裝尺寸規格需求，本研究設計改良了一般包裝機單一規格尺寸之製袋成形器，不必更換不同尺寸規格之製袋成形器，便可直接由調整輪之旋轉而改變製袋成形器之開口寬度，進而達成各種包裝寬度之需求。本項機構功能設計爲改良一般製袋成形器無法調整寬度的缺點而成爲可調整式，是一項創新研究成果，並已經獲得經濟部智慧財產局新型第 157427 號專利。

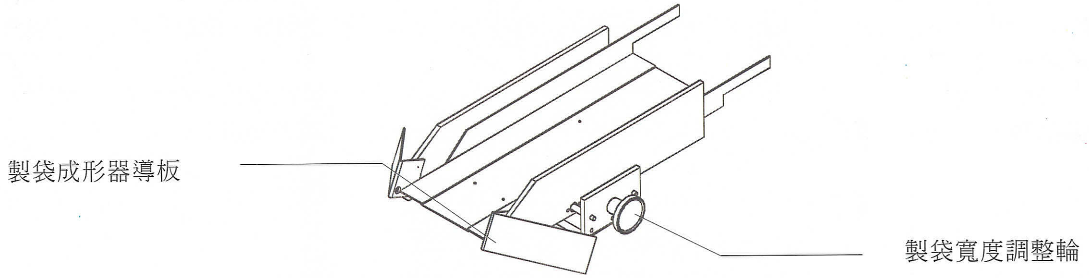

圖 2. 可調整製袋寬度之製袋成型器構造示意圖。

Fig. 2. View of the adjustable former.

圖 3. 製袋成型器之作用情形。

Fig. 3. Bag former in action.

背封與膠膜牽引機構：膠膜由製袋器轉摺成形後，由兩對滾輪夾持牽引而往後運動，第一對滾輪不具備電熱器，其作用爲夾持牽引膠膜之兩側邊，使兩側膠膜邊緣在此疊合，而後送入第二對具有電熱器之滾輪進行熱熔封合，其外觀結構與作用情形如圖 4 及圖 5 所示。此機構藉螺桿的帶動可作昇降調整，其昇降調整之目的爲調整包裝袋之包裝厚度；調昇此機構則加大包裝袋正面與背封之間的間距，如此便加高了包裝袋的厚度，以便能適用於較肥厚型蔬菜之包裝。包裝袋的包裝長度是藉由滾輪之轉速來控制，在此滾輪挾持膠膜往後輸送，滾輪轉越快，單位時間內的膠膜所輸送距離越長，所製成的的包裝袋則越長；反之，所製成的包裝袋越短。

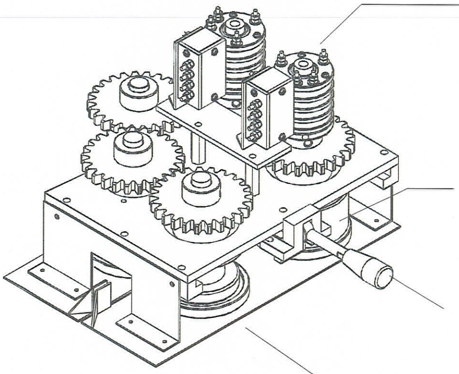

圖 4. 背封輪組與膠膜牽引機構圖。
Fig.4. View of the back sealing wheels and dragging mechanism.

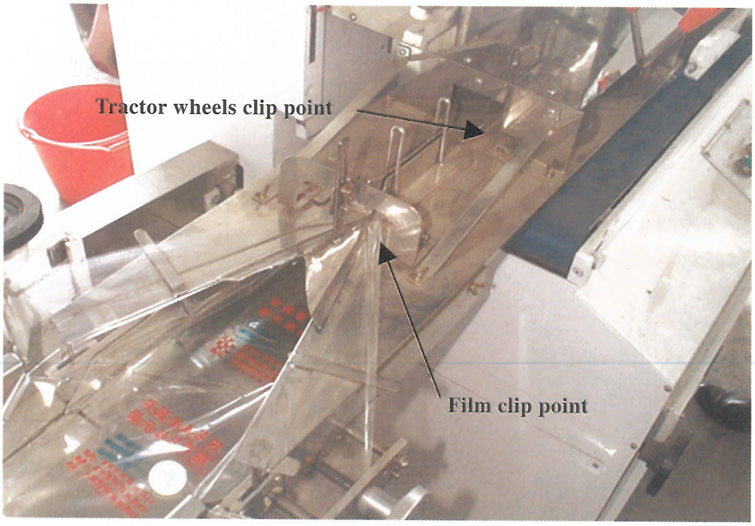

圖 5. 膠膜牽引機構牽引膠膜經過成形器製袋之情形圖。
Fig.5. Film bags are formed when plastic film is pulled by the dragging mechanism through the former.

熱熔封切機構：套裝完成之蔬菜藉輸送帶之運送，最後進行前後兩端之封口及切斷分離動作，封切動作係以上、下成對以 360 度迴轉之封口切刀機構完成。迴轉式上下熱熔封口裝置爲不連續軸心的凸型封刀，將長條形的連續包裝物在此作前、後側的膠膜封口並將其切斷，在此完成熱熔封口及將相連之長條袋依所設定之長度進行前、後兩包之切斷分離。熱熔封切機構的設計有別於一般傳統的軸心連貫式而改良爲不連續軸心的凸型封刀，此項設計可加大包裝物的高度及包裝物的長度，也是一項創新研究成果，並獲得經濟部智慧財產局新型第 157298 號專利。傳統式之熱熔封切機構如圖 6 所示，圖 7 爲經改良後可讓更高的蔬菜通過原來爲連貫軸所佔之位置，達成較厚包裝物之包裝容納度。

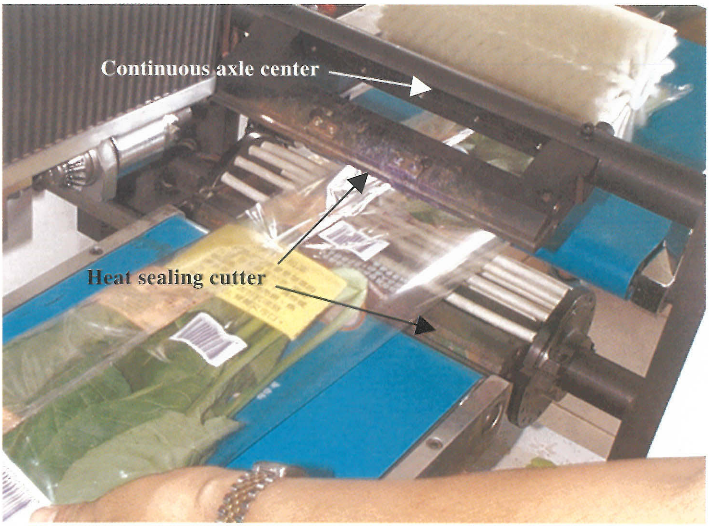

圖 6. 傳統式熱熔封切迴轉刀之作用情形圖。

Fig.6. Operation of the traditional thermo-melting, sealing, and rotating cutter.

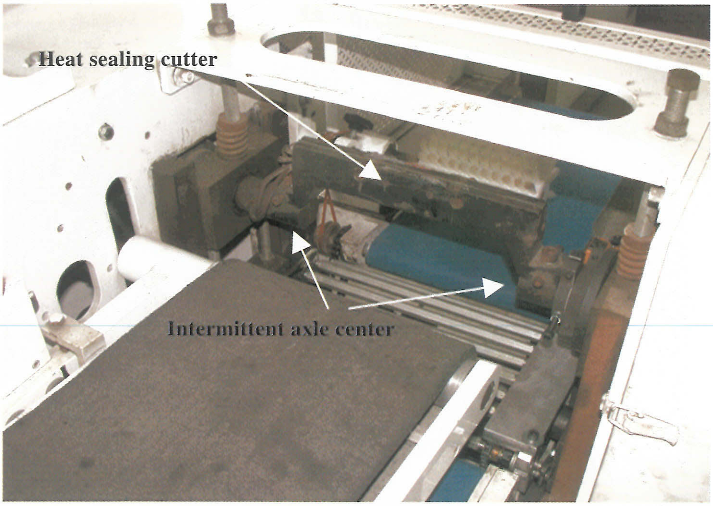

圖 7. 改良式熱熔封切迴轉刀所示不連貫軸心之機構圖。

Fig.7. The offset shaft of the improved thermo-melting,sealing, and rotating cutter.

迴轉刀之迴轉運動分析：爲使包裝物能達較緊實的包裝效果，或可包裝較厚的物件，本研究設計迴轉刀在 270℃時，上下刀具剛好咬合作熱熔與封切動作，此時迴轉刀運動位置從 90℃~270℃時，其角速度逐漸變小，至 270℃時之角速度可加以調整，讓其迴轉刀作短暫的停滯，並讓後續之膠膜繼續輸送，如此動作便能達到壓擠並增大包裝厚度。迴轉刀從 270℃~90℃時角速度逐漸增大，到 90℃位置時角速度達到最大。如此設計乃爲讓迴轉刀能在 270℃位置時調整角速度大小，以形成『加厚』封口厚度或『尖化』封口之目的，此動作之機構設計乃運用 Whitworth 急回機構(Doughtile et al. 1960)之作用原理來控制迴轉刀之運動如圖 8 所示。傳動軸曲柄經主馬達之動力傳導而作等角速度迴轉運動，傳動曲柄上有一線性滑槽，滑槽內有一與被動曲柄相聯結之滑塊，此滑塊被迴轉之傳動曲柄滑槽驅動而作迴轉運動，滑塊連動被動曲柄軸而作急回機構運動，此迴轉之曲柄軸再經鏈條而帶動上下迴轉封切刀作週期性之迴轉運動。

蔬菜機械化包裝作業流程

蔬菜機械包裝流程如圖 9 上半部所示，蔬菜於放入包裝機之前運用人工加以前處理，包括選別、整列、秤重等程序，然後再放入輸送帶進行包裝後續作業，因此，入料的作業中就必須特別注意，儘量將蔬菜根部、葉面及葉梢理齊後，再將蔬菜根部方向朝輸送方向放入。膠膜捲送流程如圖 9 下半部所示，膠膜捲筒由膠膜機構承載定位及設定鬆緊度後，膠膜即可藉由背封與膠膜牽引機構之牽引而捲送，後經製袋成形器之導板而轉摺成環狀，再經背封輪組之熱熔封口後即可完成製袋與套裝之動作。此時完成背封之後的膠膜已成爲長筒狀之膠袋，最後送入熱熔封切機構進行前、後端之封口並加以切斷分離而完成蔬菜之包裝作業。

討 論

包裝測試結果與分析

由二人在包裝機前段進行供料作業，進行本蔬菜包裝機作業能力與包裝成功率測試。包裝機作業能力之定義爲：在單位時間內包裝機所能進行包裝的數目；包裝成功率之定義爲：包裝機包裝封切出料後，檢視其外觀後，各包裝袋之間能完全分離，且前、後或側面封袋處無脫離現象及無封切到蔬菜，均視爲包裝成功，其結果如表 1 所示。

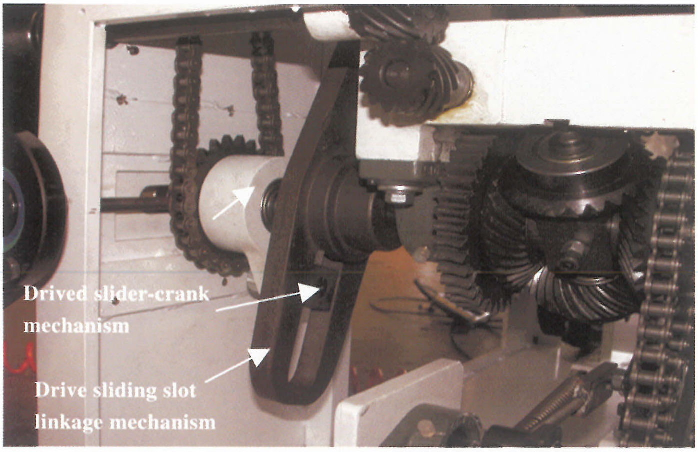

圖 8.應用 Whitworth 急回機構原理所發展之迴轉封刀機構圖。
Fig. 8. Power transfer design of the rotating seal cutter using Whitworth quick-return mechamism.

人工包裝與機械包裝之效益分析

本研究針對人工包裝與機械包裝進行效益分析，所得之結果如表 2 所示，在表 2 顯示，機械包裝除了有高作業效率等優點外，機械包裝蔬菜在對蔬菜品質保證、物流通運及展售過程之品質管制上，尚有人工包裝方式所無法達到之處。更由於目前國人對於有機農產品的品質仍有疑慮，消費者對有機蔬菜的品質認證及來源無法掌握，對有機蔬菜的選購只能憑包裝袋外觀標示來認定，在本研究調查中發現有不肖業者利用人工包裝袋之可被「拆封換裝」、「回收再用」、「標示不清」、「更換標簽」、「消費者二次污染」、「超市展售遲延」等問題，造成有機蔬菜生產業者有「劣幣驅逐良幣」的惡性競爭及不良影響。在運用機械包裝後，便可避免上述情形之發生，且可由機械包裝袋上之完整封包、打印生產及包裝日期、蔬菜供應來源、有機認證字號等標示來確保蔬菜品質。

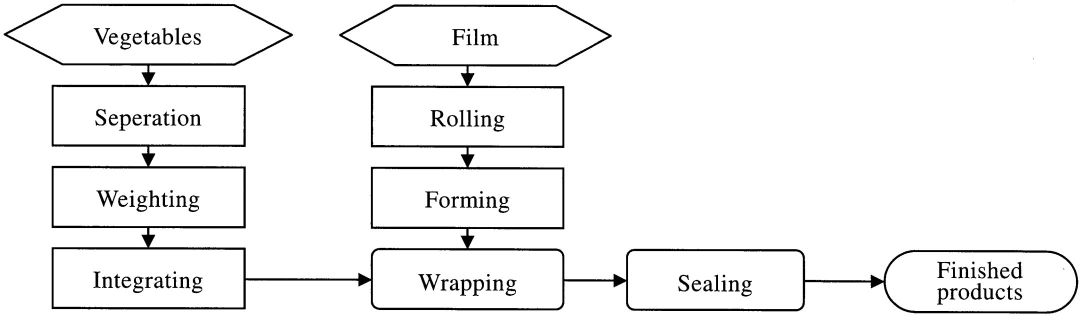

圖 9. 蔬菜包裝機包裝作業流程圖。
Fig 9. Flow chart of the vegetable packing operation.

表 1. 蔬菜包裝機作業能力與成功率測試結果
Table 1. Capability and successful packing rate of the packing machine for leafy vegetables[z]

Tested items	Sequence	Water spinach	Chinese cabbage
Operation capacity	1	844	838
(pieces /20 min.)	2	873	768
average	3	837	778
		851.3	794.6
Number of successful	1	805	808
packing in 20 min.	2	844	744
average	3	812	756
		820.3	769.3
Successful packing rate (%)		96.4	96.8
Dimension of packed		42×16	38×18
The average working capacity		41 pieces/min.	
The average successful rate (%)		96.6	

[z] Test date：Sept. 6, 2000；Location：Jor-Dor Village farm's vegetable packing aera, Hsinwu, Taoyuan.

表 2. 人工包裝與機械包裝之效益分析表
Table 2. Efficiency comparison between manual and mechanical packing operation

Operation type	Working capability	People need	Cost of a bag	Economic benefits[z]	
Manual packing	1~2 (piece/min.)	6~10	1.2~2.0 (NT dollar)	Cost of packing NT dollar	8.33
Mechanical packing	30~50 (piece/min.)	3~5	0.7~1.5 (NT dollar)	Cost of packing NT dollar	2.28

[z] Economic benefits is calculated depend on 10 million bags packing per year, machine is lasting 5 years.

結　論

農試型葉菜類蔬菜包裝機採用食品級「封閉式」包裝，蔬菜自產地經由銷售之生鮮超市到消費者之流程當中，均可因「封閉式」包裝而避免儲運與展售過程受外來破壞與污染，以確保品質。本機進行蔬菜包裝時可隨蔬菜的種類與長短作調整，且作業效率極高，爲人工作業效率的 10 倍以上。目前已有多處蔬菜生產農場運用本機進行商品化小包裝蔬菜之生產，並深獲生鮮超市業者與一般消費者的喜愛。本機已經農委會辦妥技術轉移，由台龍食品包裝機械公司生產商品機，並通過新型農機性能測定，目前積極進行示範推廣。

誌　謝

本研究承蒙行政院農業委員會 88 科技-1.1-糧-01(14)經費補助，謹表謝忱。

引用文獻

陳俊明、陳澤民、朱益增、林金鐓。1994。疊袋式柑桔自動套袋機之研究。農業機械學刊 3(2):11~19。
馮鼎安、馮丁樹、陳世銘。1996。蔬菜成苗包裝機械之研製。農業機械學刊 5(3):17~27。
盧福明。1994。台灣蔬果收穫及加工機械化發展程度。農業機械學刊 3(2):41~49。
Doughtie, V. L. and Walter H. J. 1960. Element of Mechanism. The Southeast Book Company Press, Taipai. 494 pp.

A Study on the Packing Machine for Leafy vegetables [1]

Hsiang-Wen Chiu[2,4] and Lien-Sheng Liang[3]

Summary

H. W. Chiu and L. S. Liang. A Study on the packing machine for leafy vegetables. J. Agric. Res. China 52: 31-39.

Leafy vegetables are fragile and easily damaged during transportation and storage. It is important to provide good protection for vegetables in storage and on the shelves of supermarkets. But now in Taiwan, no suitable machine is available to pack leafy vegetables. To solve this problem, the development of a leafy vegetable packing machine is in urgent need. In this research, a crosswise conveying belt was utilized to deliver the vegetables into the packing mechanism that makes the plastic-belt into a bag and wraps the vegetables. The packing mechanism is adjustable in width and height to fit different sizes of vegetables.

Results from this reseach showed that, the packing machine for leafy vegetables did reach the preset functions. It is widely accepted by local vegetable farmers. Vegetables packed by this machine are very exquisite when they are exhibited in supermarkets. The rate of successful packing of this machine was found more than 95%, which was 10 times faster than that of hand packing, with an operation capacity of 30~50 pieces per minute.

Key words：Leafy vegetable, Packing machine.

1. Contribution No.2143 from Taiwan Agricultural Research Institute. Council of Agricultural. Accepted : January 3, 2003.
2. Assistant, Agricultural Engineering Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Senior Researcher and Head of Agricultural Engineering Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail：chiusw@wufeng.tari.gov.tw ; Fax：(04)23338162.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:40~49(2003)

熱風乾燥處理對宜蘭白蒜種蒜品質與發芽之影響[1]

王怡玎[2,3]

摘　要

王怡玎。2003。熱風乾燥處理對宜蘭白蒜種蒜品質與發芽之影響。中華農業研究 52:40-49。

‘宜蘭白蒜’種蒜球分別以 25°、30°、35°或 40°C 熱風乾燥 0、10、20 或 30 日，然後比較各處理對種蒜球品質與發芽之影響。以 40°C 乾燥 10 日導致種蒜球大幅升高呼吸率及失重率，並使其外膜重度凹陷，蒜肉軟化呈水浸狀透明，喪失發芽能力。種蒜球以 25°、30°或 35 °C 乾燥 10 日即可使蒜膜及梗盤乾燥，球體硬實，呼吸率降低。以 25°C 乾燥 20 或 30 日，或以 30°、35°C 乾燥 10、20 或 30 日皆有促使種蒜球在 20°C 定溫箱中播植後提早 1 週發芽，提高發芽率與發芽整齊度及加速芽伸長的效果。各種處理比較，以 35°C 乾燥處理 30 日效果最好，30°C 乾燥 30 日或 35°C 乾燥 10 日或 20 日的效果也相當接近，至於 25°C 乾燥之效果則較差。以 35°C 乾燥處理 10、20 或 30 日，或以 30°C 乾燥 30 日皆可使種蒜球播植後提早 3 至 4 週達到(或接近)100%發芽，而且使發出的芽較快速伸長，應可應用於必須採用剛收穫的種蒜球栽培青蒜的生產。

關鍵詞：熱風乾燥、呼吸率、含水率、芽長比、發芽率。

前　言

‘宜蘭白蒜’是台灣重要的本土青蒜品種，具有蒜白長、質地細、品質佳等優點，頗受消費者喜愛。本品種除了普遍栽種於蘭陽地區之外，近年亦擴及台灣中、南部及高冷地區。在蘭陽地區生產的種蒜約於 5 月採收，經癒傷處理及乾燥後，6 月開始在高冷地種植，培育夏季青蒜。然而農民常發現種植後有發芽緩慢、生育不整齊等現象，增加田間栽培管理作業之困難，是生產夏季青蒜的一大障礙。前人之報告曾提到，低溫或刻傷處理可提高種蒜種植後的發芽率(林 1985；邱等 1975)；但二者皆不適用於青蒜栽培。低溫處理雖可用於蒜球生產，但據農民反應，若用於青蒜生產，會發生蒜株提早結球，降低品質與產量等現象。至於刻傷處理則有耗工的缺點，也有傷口感染黴爛之虞，難以實用推廣。因此，必須開發簡便而適當的青蒜用種蒜催芽方法。

青葉與高樹(1971)曾指出乾燥度不足的蒜球，低溫催芽的效果較差；川崎與三好(1961)則指出先

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2144 號。接受日期：92 年 3 月 26 日。
2. 本所園藝組助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：etwang@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(04)23338162。

行高溫處理可增進低溫催芽之效。王氏(1997)的初步試驗顯示將新鮮蒜球經 30°~33°C 之熱風乾燥處理後，可提高發芽率。一般新鮮蒜球採收後需經乾燥處理，然後貯藏；但對乾燥的溫度高低及時間長短，並無嚴格控制。本研究試以不同溫度的熱風乾燥處理不同日數，然後評估蒜球品質並做發芽試驗，以比較各處理對蒜球品質與發芽之影響。結果發現適當溫度及時間的熱風乾燥處理顯著增進種蒜的發芽能力。

材料與方法

本研究採用之‘宜蘭白蒜’品種蒜球由宜蘭縣三星鄉沈姓農戶供應。在 88 年 4 月 28 日採收當日以全株平置田間癒傷晾乾，翌日運回實驗室整修。整修時，每株留取鱗莖及其頸部以上約 45cm 長之莖梗，其餘之梗葉與鱗莖基盤以下的鬚根皆予以切除。每 20 個整修後的種蒜球綑紮成一束，直立置於室內通風處(23°~28°C，85~95% RH)癒傷晾乾，10 日後再行剪粒整修一次，此時僅留取接連鱗莖 1.0~1.5cm 長之頸部。剪粒後選取外觀完整而無畸形或損傷之種蒜球，單層排列於打洞的鐵盤上，每排 10 球，每盤 8 排；整盤放入通風式烘箱進行熱風乾燥處理，烘箱內風速＜0.5m/ sec。熱風乾燥溫度分別爲 25°、30°、35°或 40°C，處理日數爲 0、10、20 或 30 日。4 種溫度×4 種乾燥日數＝16 處理。

種蒜球在熱風乾燥期間之品質變化

種蒜完成熱風乾燥處理後一部分供調查品質，另一部分供播植觀察發芽情形。品質調查項目包括呼吸率、失重率、外膜凹陷程度、含水率、芽長比以及其他目測檢視。呼吸率之測定以每 1 蒜球爲 1 重覆，每處理 10 重覆；測定方法爲先逐球稱重，然後分別置入容積 450 ml 之塑膠盒中，另加 3 個不裝蒜球之空盒，放回乾燥烘箱。1~2 小時後在原烘箱內將每盒加蓋密封，30 分鐘後各抽取 1 ml 氣體，以紅外線二氧化碳分析儀(Backmen® 868)測定 CO_2 的濃度。以空盒之 CO_2 濃度作爲密封時之 CO_2 濃度，再由密封時及 30 分鐘後 CO_2 濃度差異及蒜球重量計算呼吸率 mg CO_2 kg^{-1} hr^{-1}。其餘各項調查每處理 4 重覆，每重覆 10 個蒜球。調查與計算方法如下：

失重率：以百分率(wt %)表示。計算方法爲：[熱風乾燥前之蒜球重(g)－熱風乾燥後之蒜球重(g)]÷熱風乾燥前之蒜球重(g)×100% =失重率。

外膜凹陷程度：以指數 0.0~3.0 表示。種蒜球經手指捏握，感覺蒜膜與蒜肉緊貼者，指數爲 0.0；蒜膜輕度凹陷與蒜肉稍微剝離者，指數爲 1.0；蒜膜明顯凹陷並與蒜肉明顯剝離者，指數爲 2.0；蒜膜嚴重塌陷而與蒜肉嚴重剝離者，指數爲 3.0。

含水率：以百分率(wt %)表示。將種蒜球逐球剝成蒜肉、蒜膜及梗盤三個部分，各部分稱取鮮重之後，以 50ml 玻璃燒杯裝盛，放入 100°C 烘箱烘乾至重量恆定時爲止，再行稱重一次，計算蒜肉、蒜膜及梗盤三個部分的含水率：[鮮重(g)－烘乾後重量(g)]÷鮮重(g)×100%＝含水率。

芽長比之計算：每處理每重覆之 10 蒜球各取具代表性之蒜瓣 1 瓣，將蒜瓣縱剖後，量測蒜瓣長度及瓣內芽體之長度(mm)，芽體長度(mm)÷蒜瓣長度(mm) =芽長比。

不同溫度熱風乾燥處理前後種蒜球的發芽比較

另一部份已完成熱風乾燥處理之蒜球供發芽試驗。逐球剝瓣後每球檢選鮮重 3~4g 的外瓣 1 瓣，播植於盛滿南海珍珠石® 3 號栽培介質的穴盤，每盤 40 株，盤寬 28.5cm，長 49.0cm，播植後置於 20±2°C 的黑暗定溫箱中，每 1~2 日澆水一次，維持栽培介質之濕潤度。每週定期觀察發芽情形，共計 8 週。每處理 4 重覆，每重覆 10 個蒜球。調查與計算方法如下：

發芽率：以百分率(%)表示。計算芽體萌出栽培介質的瓣數÷播植瓣數×100%＝發芽率。

發芽長度：以 cm 表示。量測每瓣萌出栽培介質(發芽)的芽體長度(cm)。芽長總和÷發芽瓣數＝發芽長度。

結　果

種蒜球在熱風乾燥期間之品質變化

呼吸率：剛完成晾乾癒傷的種蒜球呼吸率為 135 mg CO_2 kg $^{-1}$ hr $^{-1}$。在 25°、30° 或 35°C 熱風乾燥 30 日期間，呼吸率下降；乾燥 30 日後，三組的呼吸率為 26~34 mg CO_2 kg $^{-1}$ hr $^{-1}$，是乾燥處理前的 1/4；三組之間差異不大(圖 1)。在 40°C 乾燥的種蒜球呼吸率大幅上升，乾燥 20 日時達到高峰，為乾燥前的 2.6 倍，然後下降，乾燥 30 日時降到接近乾燥前的程度(圖 1)。

失重率：在 40°C 熱風乾燥的種蒜球失重迅速，乾燥期中之前 10 日失重速率最快，其後略微減緩，到 30 日時失重率高達 52%(圖 2)。在 25°、30°與 35°C 乾燥的種蒜球失重趨勢與程度皆相若，也在頭 10 日失重較快，但失重速度遠低於 40°C 乾燥組；10 日之後失重速度顯著趨緩，到 30 日時失重率只有 18～20%(圖 2)。

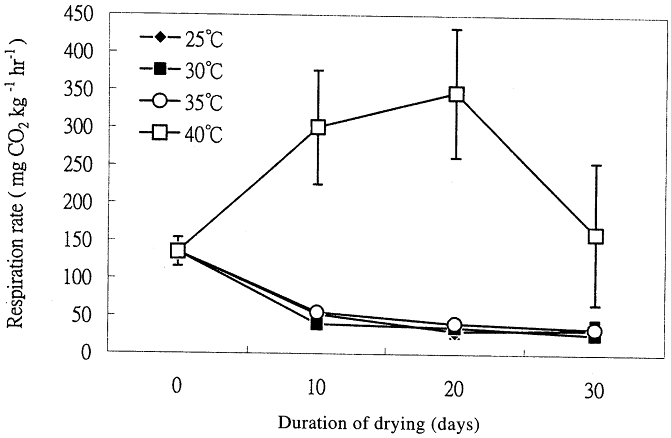

圖 1. '宜蘭白蒜'在不同溫度乾燥期間之呼吸率變化。每處理 10 重覆，每重覆 1 個蒜球，以平均值±機差圖示。
Fig. 1. Respiration rates (mg CO_2kg^{-1} hr^{-1}) of 'I-Lan White' garlic seed bulbs after hot-air drying at different temperatures for different periods. Each point with bar represents the mean value ± SE of 10 single-bulb replicates.

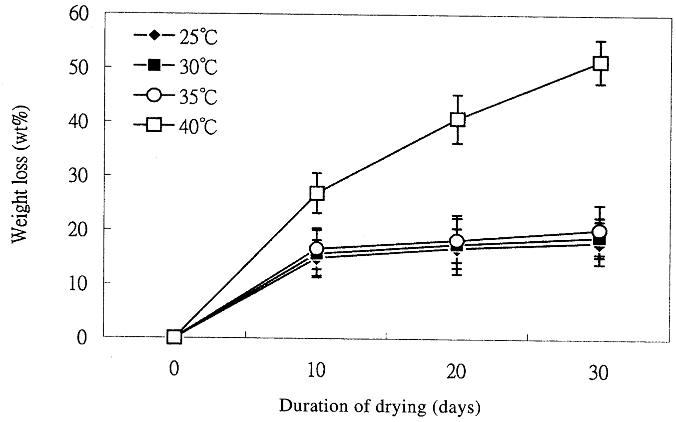

圖 2. '宜蘭白蒜'在不同溫度乾燥期間之失重率變化。每處理 4 重覆，每重覆 10 個蒜球，以平均值±機差圖示。
Fig. 2. Percentage of weight loss of 'I-Lan White' garlic seed bulbs after hot-air drying at different temperatures for different periods. Each point with bar represents the mean value ± SE of 4 replicates, 10 bulbs per replicate.

外膜凹陷程度：熱風乾燥處理前皆無外膜凹陷之現象。在 40°C 熱風乾燥時外膜極易凹陷，凹陷程度與時遽增(圖 3)；乾燥 10 日時以人手捏握可感覺蒜膜與蒜肉已有輕度剝離，乾燥 30 日後蒜球膜、肉剝離極爲明顯。在 25° 、30°或 35°C 乾燥的種蒜球膜、肉剝離程度極輕微，到乾燥 30 日時亦只有輕微程度，平均凹陷指數皆＜0.7(圖 3)。

含水率：晾乾癒傷後熱風乾燥前的種蒜球瓣肉與蒜膜含水率相似，爲 58~61%，梗盤之含水率則有 74%。經過 40°C 熱風乾燥之瓣肉含水率顯著下降，但在 25°、30°或 35°C 乾燥的種蒜球瓣肉含水率則未在乾燥處理期間明顯下降(圖 4)。至於蒜膜與梗盤則在 25°、30°、35°或 40°C 四種溫度乾燥處理時含水率迅速下降，趨勢與幅度亦皆相似(圖 4)；在乾燥處理 10 日後，含水率即已降到 8~16%，而在其後的乾燥期間則含水率續降幅度有限。

芽長比：晾乾癒傷後熱風乾燥處理前的種蒜球芽長比平均爲 0.27。不同溫度的熱風乾燥處理比較，乾燥期間之芽長比增加幅度及增加率以 25°C 組最大，30°C 組次之，35°C 組又次之，而 40°C 組則幾乎不增加(圖 5)。然而所有溫度乾燥處理期間的芽長比增加幅度皆不大，乾燥處理 30 日期間芽長比增加幅度最大的 25°C 乾燥組也未超過 0.06(圖 5)。

不同溫度熱風乾燥處理前後種蒜球的發芽比較

發芽率：晾乾癒傷後未經熱風乾燥的種蒜球於 20°C 定溫箱播植後第 4 週開始發芽，至第 8 週結束調查時平均發芽率爲 90%(圖 6 I)。

經 40°C 熱風乾燥 10 日的種蒜球發芽能力甚低，播植後 5 週始見發芽，8 週期間發芽率皆≦10%(圖 6II)。以 40°C 乾燥 20 或 30 日的種蒜球則完全喪失發芽能力，播植 8 週後發芽率仍爲 0%(圖 6III,IV)。

25°C 乾燥 10 日的蒜球與未乾燥者相若，於播植後第 4 週才陸續發芽，發芽率逐漸增加，到第 8 週結束調查時接近 100%(圖 6II)。在 25°C 乾燥之日數增加到 20 或 30 日時可提早升高發芽率。乾燥 20 日者仍在播植後 4 週才見發芽但在第 6 週達 100%發芽率(圖 6III)。乾燥 30 日者播植 3 週後開始發芽，其後發芽率增加迅速，第 5 週即見 100%發芽率(圖 6IV)。

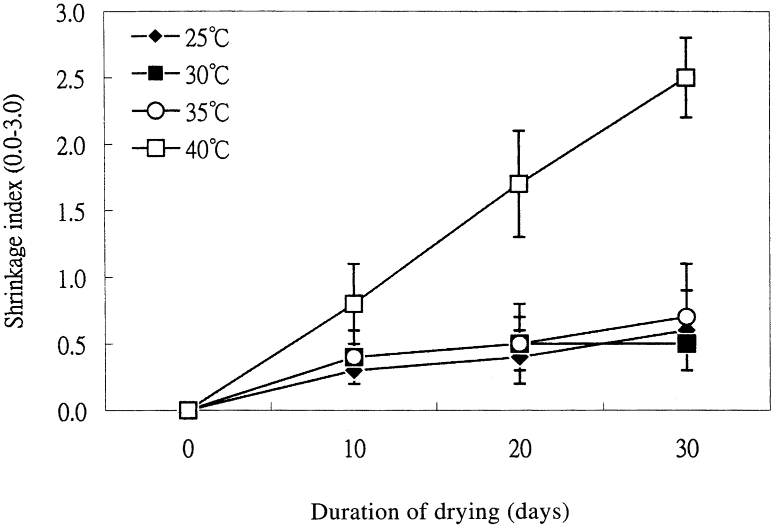

圖 3. ‘宜蘭白蒜’在不同溫度乾燥期間之外膜凹陷指數變化。每處理 4 重覆，每重覆 10 個蒜球，以平均值±機差圖示。

Fig. 3. Degree of shrinkage (index 0.0~3.0) of ‘I-Lan White’ garlic seed bulbs after hot-air drying at different temperatures for different periods. Each point with bar represents the mean value ± SE of 4 replicates, 10 bulbs per replicate.

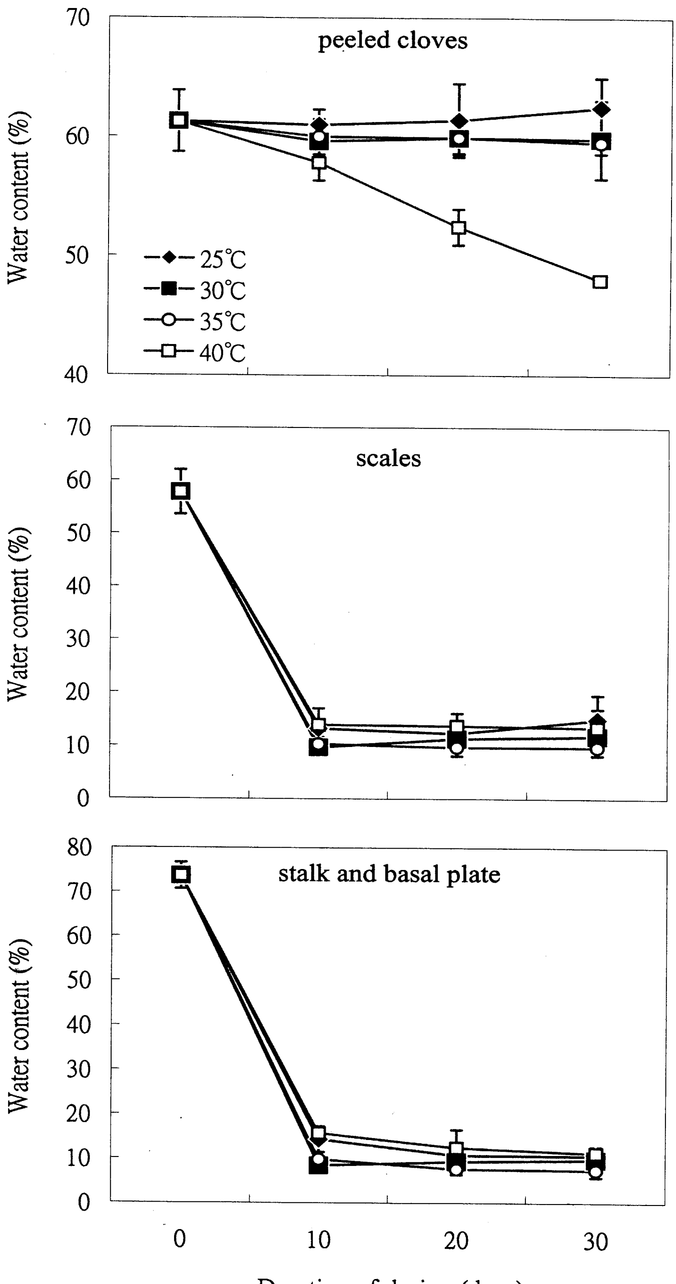

圖 4. 種蒜球各部位在不同溫度乾燥前後之含水率變化。每處理 4 重覆，每重覆 10 個蒜球，以平均值±機差圖示。

Fig. 4. Water content (%) of various portions of 'I-Lan White' garlic seed bulbs after hot-air drying at different temperatures for different periods. Each point with bar represents the mean value ± SE of 4 replicates, 10 bulbs per replicate.

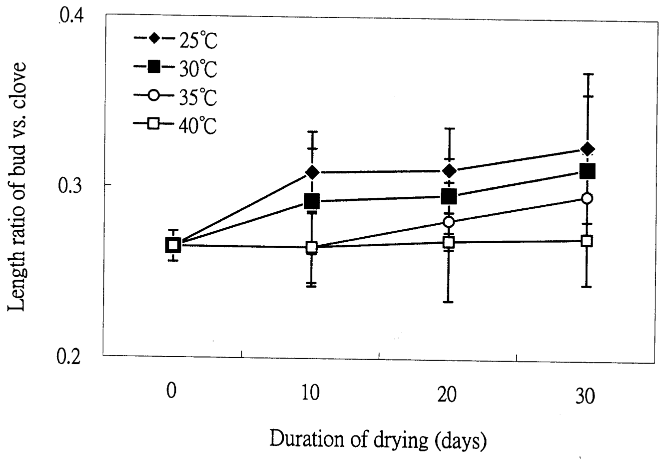

圖 5. 種蒜球在不同溫度乾燥前後之芽長比。每處理 4 重覆，每重覆 10 個蒜球，每 1 蒜球剝取 1 蒜瓣量測，以平均值±機差圖示。

Fig. 5. Length ratio of bud vs. clove of 'I-Lan White' garlic seed bulbs after hot-air drying at different temperatures for different periods. Each point with bar represents the mean value ± SE of 4 replicates, 10 cloves, one from each of 10 bulbs, per replicate.

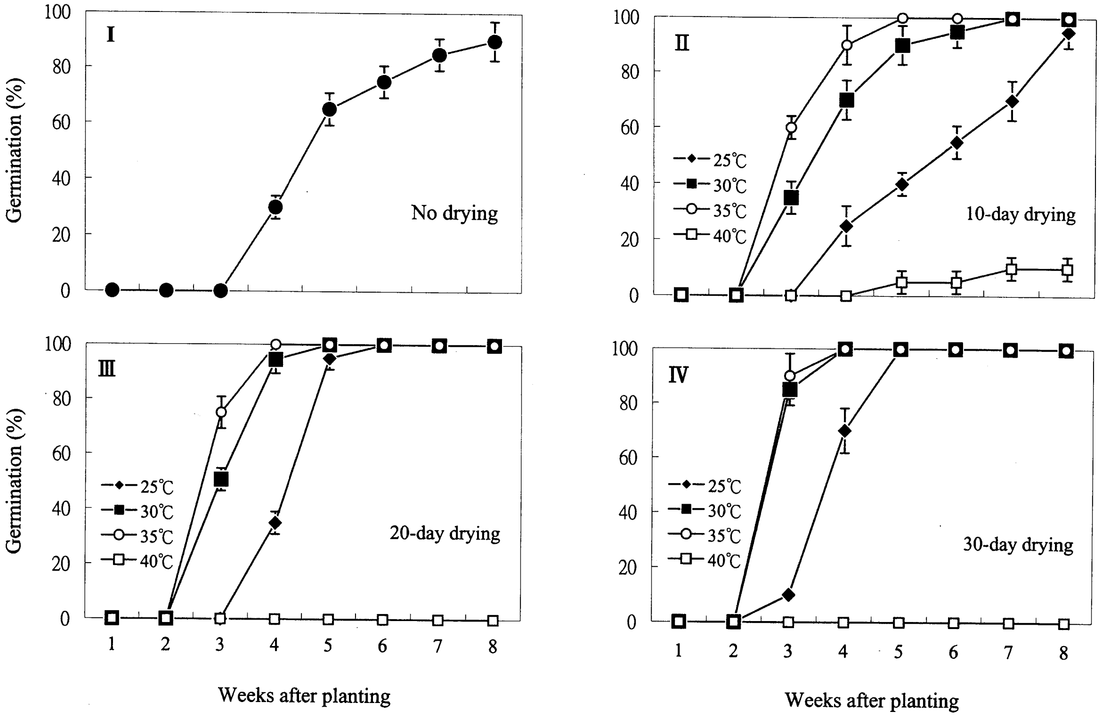

圖 6. 種蒜球以不同溫度乾燥 0、10、20 或 30 日後播植於 20°C 定溫箱中的發芽率(%)。每處理 4 重覆，每重覆 10 個蒜球，以平均值±機差圖示。

Fig. 6. Germination percentage of planted cloves from bulbs dried at different temperatures for various durations. Each point with bar represents the mean value ± SE of 4 replicates, 10 bulbs per replicate.

經過 30°或 35°C 乾燥的種蒜球發芽能力更好。乾燥 10 日後播植者 3 週開始發芽，然後發芽率迅速增高(圖 6II)；30°與 35°C 乾燥 10 日之二組比較，後者發芽較快，提早 2 週完成 100%發芽率(圖 6 II)。在 30°或 35°C 乾燥 20 或 30 日的蒜球在播植後始見發芽的週次與乾燥 10 日組相同，皆在第 3 週；但乾燥日數增加，發芽率上升快(圖 6II,III,IV)。乾燥處理 10 日或 20 日，用 35°C 比用 30°C 更能促進處理後的蒜球發芽率上升速度，但乾燥處理時間延長到 30 日時，兩種溫度差異不顯著(圖 6II,III,IV)。用不超過 35°C 的高溫乾燥處理，溫度愈高愈快產生促進發芽之效；35°C 乾燥 20 日組播植 4 週達到 100%發芽，30°C 則須乾燥 30 日播植第 4 週才達到 100%發芽，至於 25°C 更須乾燥 30 日，播植第 5 週才達到 100%發芽率(圖 6III,IV)。

發芽長度：未經熱風乾燥的種蒜球於播植 4 週起開始發芽，然後平均芽長緩慢增加，至第 8 週結束調查時平均芽長達到 31cm (圖 7 I)。

經 40°C 熱風乾燥 10 日的種蒜球播植後少數發芽的蒜瓣芽體伸長極有限，播植 8 週後平均芽長＜5cm(圖 7II)。至於 40°C 乾燥 20 或 30 日的種蒜球在播植 8 週期間皆未發芽，芽長等於零(圖 7III,IV)。

以熱風乾燥處理 10 日組及 20 日組皆以 35°C 對芽長增加效果最大，30°C 次之，25°C 最小(圖 7 II,III)。以熱風乾燥 30 日組則 35°與 30°C 對芽長增加效果相差不顯著，但 25°C 之效果較低(圖 7IV)。又 25°C 及 30°C 處理時間愈長，效果愈佳，但 35°C 處理 10、 20 或 30 日效果差異有限(圖 7II,III,IV)。

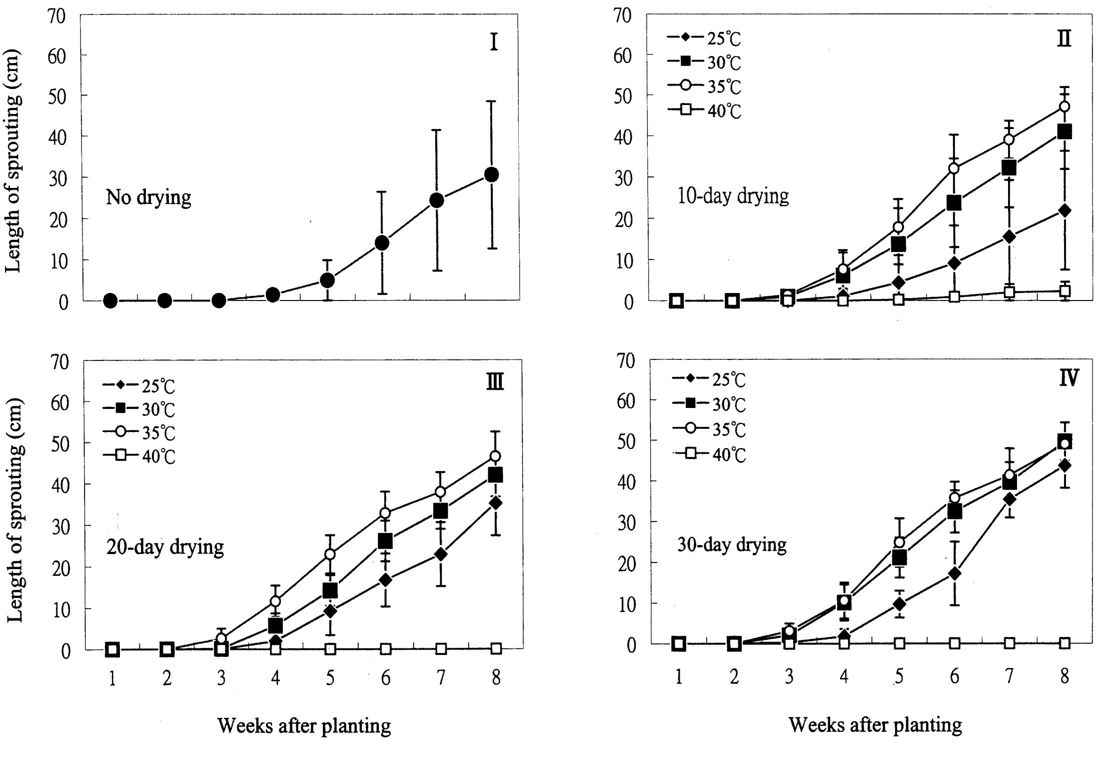

圖 7. 種蒜球以不同溫度乾燥 0、10、20 或 30 日後播植於 20°C 定溫箱中的芽長(cm)變化。每處理 4 重覆，每重覆 10 個蒜球，以平均值±機差圖示。

Fig. 7. Average length of sprouting (cm) in the germination test for bulbs dried at different temperatures for various durations. Each point with bar represents the mean value ± SE of 4 replicates, 10 bulbs per replicate.

討　論

‘宜蘭白蒜’全株從田間挖取癒傷一日後整修截短莖梗時，莖梗切面大量湧出汁液。再經癒傷 10 日後，蒜肉、蒜膜及梗盤的含水率仍高達 58～74%(圖 4)，呼吸率爲 135 mg CO_2 kg $^{-1}$ hr $^{-1}$(圖 1)。此時蒜球鱗片皮膜含水仍多而且組織脆弱，易因擦碰傷而腐爛，宜迅速乾燥處理以避免損失。

傳統的蒜球乾燥方法爲日曬，近年則有人工熱風機之應用。由於台灣蒜球採收期常遇陰雨，人工熱風乾燥應較方便可靠，而且效率高。無論日曬或人工熱風乾燥，蒜球乾燥後的水分含量愈低，呼吸率亦愈低，也愈耐貯藏(王 1997；林 1997；錢等 1982)。農戶常以目測與指感蒜球膜體與梗盤的乾燥度作爲是否完成乾燥作業的判斷依據。本研究以 25°、30°或 35°C 熱風乾燥‘宜蘭白蒜’種蒜球，10 日即可收到良好的乾燥效果；蒜肉、蒜膜及梗盤的含水率依次由 61%降到 60%、58%降到 10～14%及 74%降到 8～16%。10 日的乾燥期間除 40°C 使呼吸率增高外，其他各溫度由 135 mg CO_2 kg $^{-1}$ hr $^{-1}$ 大幅降至 40~55 mg CO_2 kg $^{-1}$ hr $^{-1}$，表示種蒜球進入休眠。

Palau & Torregrosa (1993)認爲蒜球熱風乾燥的溫度以不超過 42°C 爲宜，而本研究發現 40°C 風乾 10 日可使‘宜蘭白蒜’種蒜球升高呼吸率，過度失水，外膜重度凹陷，蒜肉軟化呈水浸狀透明的熱傷害現象，並且喪失發芽能力。因此，種蒜乾燥不宜採用 40°C 的高溫。

蒜球採收乾燥後具有休眠現象，休眠期的長短除了與品種有關(邱等 1975)外，也依溫度而不同。5°~20°C 可打破休眠促進蒜球發芽；24°~31°C 使休眠期增長，遲緩發芽；而 35°C 以上則維持蒜球不發芽(王&洪 2001；林 1985；邱等 1975；顏等 2000；Jeong & Park, 1994; Moreno *et al.* 1994; Wahid *et al.* 1990)。又王氏(1997)曾報告，鮮採的‘大片黑’蒜球在常溫下不易發芽，若以 30°~33°C 熱風乾燥 3 日可增加發芽。本研究觀察的‘宜蘭白蒜’種蒜球先經過 30°或 35°C 熱風乾燥 10、20 或 30 日後播植於 20°C 定溫箱者，不僅比未經乾燥處理的蒜球提早 1 週開始發芽，而且發芽率、發芽整齊度及芽的伸長速度皆顯著提高。又 35°C 與 30°C 比較，若乾燥時間僅有 10 日或 20 日，則 35°C 對促進播植後發芽及芽伸長之效果優於 30°C。但若乾燥處理時間有 30 日，則溫度採 35°或 30°C 效果幾無差異。至於 25°C 乾燥處理之效果則較差，乾燥 10 日完全無效果，乾燥 20 日或 30 日才顯出效果，但效果遠遜於 30°或 35°C。因此，就增進發芽速度與芽伸長速度二項效果而論，最好的處理是 35°C 或 30°C 處理 30 日，但以 35°C 處理 20 日，甚至 10 日，效果也相當好。以 35°C 乾燥處理 10、20 或 30 日，皆比對照組(無乾燥處理)提早 1 週開始發芽，而且提早 3 至 4 週達到(或接近)100%發芽，又可加速芽的伸長，效果皆非常顯著，應有應用價值，或可改善夏季青蒜發芽慢及生育不整齊之弊病。本研究因限於人力只做定溫箱中的播植發芽觀察。至於熱風乾燥處理種蒜球對其在田間種植後發芽、生長及產量之實際效果尚待進一步做田間試驗。

誌　謝

本研究承行政院農業委員會經費資助，吳鳳凰小姐協助試驗調查，文稿初成復蒙本所園藝組歐錫坤組長提供寶貴意見，謹此一併誌謝。

引用文獻

王怡玎。1997。蒜球採收後處理貯藏技術之研究。國立中興大學園藝學系碩士論文。127 pp.

王怡玎、洪登村。2001。蒜球對貯藏溫度的反應。中國園藝 47(2):185-194。

林茂維。1985。低溫處理對大蒜種球萌芽之影響。 屏東農專學報 26:54-58。

林棟樑。1997。大蒜頭採收後之處理及貯藏。p.181-188。園產品採收後處理與運銷技術研討會專刊。台灣省農業試驗所編印。台中。

邱阿昌、林茂維、張樹發。1975。大蒜種球之休眠期長短及打破休眠方法。中國園藝 21(3):134-139。

錢明賽、張長泉、廖銘隆、楊瑞森。1982。儲存中生薑、紅蔥、大蒜發芽及霉爛之抑制。食品工業研究所研究報告 258:1-21。

顏永福、吳明哲、連大進、陳水心。2000。蒜黃之促成栽培及其生長預測。 中華農學會報 1(3):254-265。

川崎重治、三好芳彥。1961。ニンニクに關する研究(第一報)種球の溫度處理について 。九州農業研究 33:254-256。

青葉高、高樹英明。1971。ニンニクの球形成に關する研究(第三報)タネ球の低溫處理ならひに植付け後の日長條件の影響。日本園藝學會雜誌 40(3):240-245。

Jeong, Y.C. and K.W. Park. 1994. Effects of variety and bulbs size on quality changes during storage of garlic. J. Korean. Soc. Hort. Sci. 35(2):131-138. (Postharvest News and Information Abstr. 6(6):2536:1995)

Moreno, V., F.M. Canet, L. Perez, E. Reyes, R. Ronda, N. Fraga, and M.C. Alonso. 1994. Agrophysiological classification of Cuban garlic landraces. Plant Genetic Resources Newsletter No.99:36-37. (Postharvest News and Information. 6(5):2060:1995)

Palau, M.E. and M.A. Torregrosa. 1993. Different methods of cutting and drying garlic. Comparative tests. Mexio; Asociacion Mexicana de Ingenieria Agricola. (1993) A16-A25. (Postharvest News and Information Abstr. 5(2):455:1994)

Wahid, M., M.S. Khan, and A.H. Shah. 1990. Effect of irradiation and storage on physical-chemical characteristics of garlic. Sarhad J. Agric. 6(4):370-376. (Postharvest News and Information Abstr. 3(6):2596:1992)

Effect of Hot-air Drying on the Quality and Germination of I-Lan White Garlic (*Allium sativum* L.) Seed Bulbs [1]

Yee-Ting Wang [2,3]

Summary

Wang, Y. T. 2003. Effect of hot-air drying on the quality and germination of I-Lan White garlic (*Allium sativum* L.) seed bulbs. J. Agric. Res. China 52:40-49.

Garlic(*Allium sativum* L. cv. 'I-Lan White')seed bulbs were exposed to 25°, 30°, 35° or 40°C hot-air for 0-, 10-, 20-, or 30-day drying. The quality of hot-air dried bulbs was evaluated. Some separated cloves were planted in flats and kept in a 20°C dark chamber for germination test. Drying at 40°C caused elevated respiration rate, quality damage, and total loss of germination of the bulbs. Drying at 25°, 30°, or 35°C for 10 days was enough to produce well-dried firm bulbs, which had low respiration rates. Drying at 25 °C for 20 or 30 days or drying at 30° or 35°C for 10, 20, or 30 days all resulted in earlier germination after sowing and more rapid seedling elongation compared to the undried control. Although the most effective treatment was 30-day drying at 35°C, 10- or 20- or 30-day drying at 35°C or 30-day drying at 30°C all resulted in 3- to 4-week acceleration of achieving 100% germination after sowing. Hot-air drying can be applied to garlic seed bulbs, which would be sown very shortly after harvest.

Key words : Hot-air drying, Respiration rate, Water content, Length ratio of bud vs. clove, Germination percentage.

---

1. Contribution No.2144 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : March 26, 2003.
2. Assistant Research Horticulturist, Horticulture Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail : etwang@wufeng.tari.gov.tw ; Fax : (04)23338162.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:50~61(2003)

水稻植冠之氣象因素垂直剖面與通量之量測 [1]

姚銘輝 [2,3] 蔡金川 [2] 梁連勝 [2]

摘 要

姚銘輝、蔡金川、梁連勝。2003。水稻植冠之氣象因素垂直剖面與通量之量測。中華農業研究 52:50-61。

本研究是在農業試驗所農場之水稻田區量測水稻植冠氣溫、光度、風速及二氧化碳濃度等垂直剖面變化，同時建立渦流相關系統以量測水田能量項之通量，及不同水分狀態下之能量平衡情形，以提供進行水田耗水或需水量評估之參考。結果顯示，水田白天最高溫度出現在植冠下方，植冠上下相差約 2℃；溼度及二氧化碳濃度則在夜間有較明顯差異，白天差異較小，主要是風速增加空氣擾動使差異減少。水田能量通量的建立是利用封閉比值(可感熱+潛熱/淨輻射+土壤熱流)作爲評估指標，本研究中該比值之平均爲 0.85。而由(可感熱/潛熱)探討土壤水分狀態影響能量項的變化，當水稻最高分蘗期，土壤張力值約 40 千巴時，潛熱和可感熱的比值逐漸改變。

關鍵詞：微氣象、渦流相關系統、蒸發散、封閉比值、飽溫比。

前 言

瞭解近地面的微氣象變化是控制或改善作物生長之物理環境的基本知識，同時也是促進生長及提高產量所必備。近地面的主要氣象因子包括輻射量、風速、氣溫、大氣濕度和地表溫度等，但整個微氣候的能量機制無法僅由氣象資料說明，必須量測不同能量的通量(flux)才能對能量產生、傳送及轉換有所瞭解，這些通量包括長、短波輻射，可感熱(sensible heat)、潛熱(latent heat)及向土壤傳導的能量。通量間可相互轉換，例如來自太陽的短波輻射爲作物植冠(canopy)所吸收，同時土面及葉表也以可感熱及潛熱的能量方式向大氣傳送，這些轉換過程受表面特性如植生、地形、土壤水分含量等影響，雖然作物生長環境隨大氣環境及作物生長狀態而不同，但仍依循能量平衡的基本學理，而藉由通量的量測，則更能瞭解近地面微氣象的變化。

作物栽培環境能量的平衡可由下式說明：

$R_n = H + LE + G + Q$ ....(1)

R_n：植冠上方之淨輻射通量密度；H：可感熱通量密度；LE：潛熱通量密度；G：向土壤之傳導熱；Q：熱能儲存。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2145 號。接受日期：92 年 3 月 27 日。
2. 本所農工組助理研究員、副研究員、研究員兼組長。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：mhyao@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(04)23338162。

由於熱能儲存項(也就是用於作物行光合作用的部份)佔所有熱量的比例甚微，可予以忽略(Tanner 1960)，因此整個平衡式可寫爲

$R_n + lE + H + G = 0$ ....(2)

就上式中四項通量可利用渦流相關系統(eddy correlation system)加以量測，這系統是利用氣象統計上共變異數(covariance)的觀念量測水汽及可感熱的渦流(turbulent)通量(Anderson *et al.* 1984)。其原理爲在一合適的平均值期間，由量測因子的波動(fluctuation)變化量，經由相叉相關性(cross correlation)計算通量。平衡式中淨輻射及土壤熱流的通量可用感測器直接量測，而潛熱項是由絕對濕度和垂直風速的共變異數求得(Swinbank 1951)。

$LE = L\overline{W'X'}$ ....(3)

L：水汽化之潛熱 ($J\ g^{-1}$) (常數)；$\overline{W'}$：垂直風速之波動値 ($m\ s^{-1}$)

$\overline{X'}$：絕對濕度之波動値 ($g\ m^{-1}$)。

水汽通量是利用紫外光分解大氣組成份(水汽及氧氣)的原理量測，量測原理及公式如材料與方法之說明。

可感熱項是由氣溫和垂直風速的共變異數求得(Dyer 1961)。

$H = \rho C_P \overline{W'T'}$ ....(4)

ρ ：空氣密度($kg\ m^{-3}$)(常數)；C_p：定壓下之空氣比熱($J\ kg^{-1}\ ℃^{-1}$) (常數)；T'：氣溫之波動値(℃)

雖然利用共變異數方式計算通量的觀念很早就被提出(Dyer 1961;Swinbank 1951)，但在當時因儀器上的限制，很難進行實際量測工作，最近十幾年來，由於電腦運算及儲存速度大幅提昇，才能發展成具有實測功能的系統，應用範圍主要爲蒸發散量測(Maitani *et al.* 1986)，也包括不同環境下潛熱或可感熱的傳送等(Mizutani *et al.* 1997；Prueger *et al.* 1998)。

我國水稻栽培面積呈逐年下降趨勢，由民國 51 年 79 萬公頃降至目前(民國 90 年)約 33 萬公頃，在加入 WTO 之後，水稻栽培面積將會再減少。水稻的種植除提供糧食外，也對環境生態具有特殊意義，稻田除能涵養地下水源，調節暴雨洪水之尖峰流量外，更能調節微氣候。針對調節微氣候而言，稻田由於長時間湛水狀態，地表熱容量較乾燥之表土壤大，對於太陽所照射的輻射量具有吸收及調節的功能，當水田蓄水時，淨輻射吸收量大，所吸收熱量大部份透過蒸發以潛熱流方式釋放，因而降低地表(蓄水面)之溫度及可感熱大小，達到調節微氣候之功效。吳＆沈(2002)以植物-大氣-土壤模式 PASSM (Plant –Atmosphere –Soil Simulation-Model)建立水田微氣候模式，模擬結果爲水稻種植區較鄰近乾旱地區多釋放 440.8 W/m^2 的熱能，經換算每公頃水稻田相當於 17 台家用冷氣機之冷房效果。同時水稻的栽培也影響氣候環境，徐＆李(1999)統計稻作面積與夏季雷雨日數的關係性，發現稻田面積減少後，夏季雷雨發生的天數也明顯減少，主要原因是水田的蒸發散減少，大氣對流減弱所致。不過，雖然對於水稻和氣象之間有諸多探討，但仍缺乏田間實測資料，尤其是對水田水分利用及分配上，而這部分卻攸關水資源管理及農業用水水費徵收後對農民衝擊程度。

利用微氣象資料進行作物或氣候模式的建構過程中，常將土壤、作物及大氣分爲三個層面(layer) (Stull 1998)，其中作物部份受生育階段的影響，尤其是葉片所形之植冠，植冠形成阻擋太陽向地面傳送輻射能量，也影響由地面向天空傳送的長波輻射，而作物本身的株型、葉片型態及葉面積皆會影響植冠形成後對微氣象的改變(Oue 1995)。水稻是我國主要糧食作物，同時水稻栽培對於氣候調節及涵養水源具有永續經營的意義，但針對水田微氣候觀測較少有相關研究，本研究以目前栽培面積較廣之粳稻品種台農 67 號爲材料，觀測水稻田垂直剖面微氣象變化，及植冠形成時機及對微氣象的改變情形，同時發展渦流相關系統以取得不同能量形式的通量，以建構水田能量平衡的關係性，作爲探討水田蒸發散量及水資源利用的參考依據。

材料與方法

氣象儀器設置：

觀測地點爲台中縣霧峰鄉農業試驗所農場之水稻試區，試區面積約爲 0.5 公頃，此塊田區已連續種植水稻 10 年以上，栽種品種爲台農 67 號，行株距 15×30 公分，施肥及栽培管理依慣行方式進行。

水稻葉面積是利用植冠分析儀(Licor 2000)所量測，從水稻移植起，固定每週至田區量測一次，量測方法依據羅&林(2000)之建議。儀器準確性之驗證是利用破壞性葉面積資料作比對，資料來源爲農業試驗所之水稻豐歉試驗資料，每週取 20 棵稻株，將綠色葉片摘取下來，以葉面積分析儀(Licor 3000)分析每株之葉面積，再依行株距計算出葉面積指數(leaf area index；LAI)。2001 年二期作及 2002 年一期作利用植冠分析儀及葉面積儀所做結果的相關係數爲 0.71，而在本研究中葉面積指數是指以植冠分析儀的數據爲主。

水田微氣象測定儀器：

測定儀器包括全天輻射儀(pyranometer)：Eppley PSP(precision spectral pyranometer)。光度計(quantum sensors)：Li-190SA，測定範圍 400-700nm，每一感測器在使用前以光學輻射校正器(optical radiation calibrator ；Licor 1800-02)校正參數。溫濕度計(Hygrothermometer)：Campbell CS 500。風速計(anemometer)：在水稻植冠之上用三杯風速計(MetOne model 014A)，植冠及下方用熱線風速計(Sato, model SK-ATV)。二氧化碳濃度(CO_2 concentration)：以 Licor 6252 二氧化碳分析儀測定，爲了能自動記錄不同垂直高度之 CO_2 量，自製量測控制面板(圖 1)，由繼電器(relay)控制通氣閥門開閉，並由資料收集器(datalogger, Campbell CR10)的控制埠進行閥門的時間控制。

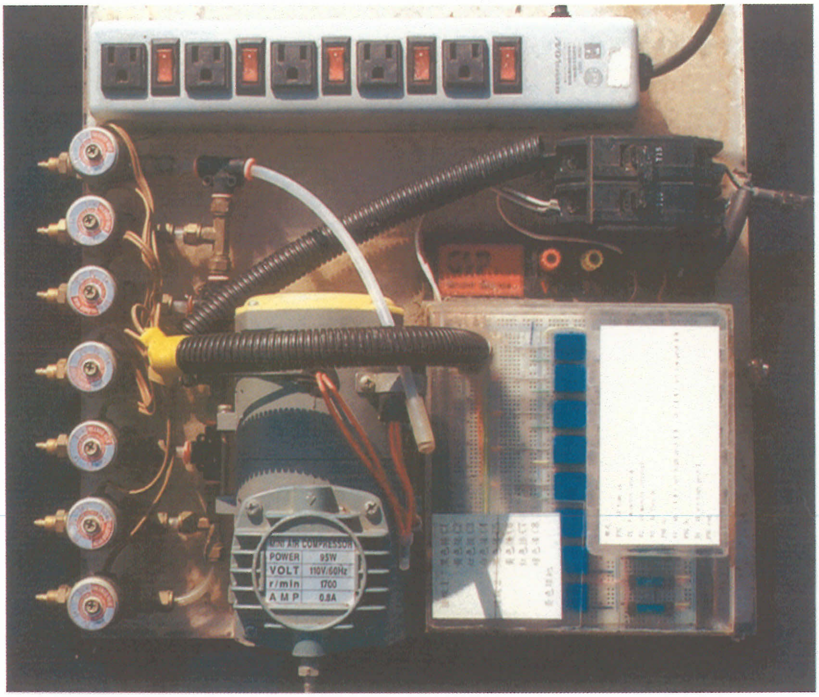

圖 1. 二氧化碳檢測之控制面板實圖。

Fig . 1. Control plate to detect the CO_2 concentration above rice canopy in paddy.

渦流相關系統的建立及儀器配置

儀器配置包括三向音波風速計(three dimensional sonic anemometer)：Young 81000，輸出速度爲 4-32Hz。氪濕度計(Krypton hygometer)：Campbell KH20，反應頻率爲 100Hz。細熱電偶線(fine wire thermocouple)：campbell 公司推薦所使用之熱電偶線之線徑爲 12.7 μm，反應頻率大於 30Hz，以此線徑可得到最小輻射負載(radiation loading)(Tanner 1979)。土壤濕度計(soil moisture probe)：Campbell CS615。土溫計(soil temperature sensor)：T type 熱電偶線。淨輻射計(net radiometer)：Campbell REBS Q7.1。土壤熱流板(heat flux plate)：Campbell HFT3，埋設深度爲 5 公分。所有感測器連接於 Campbell 21x 資料蒐集器，系統程式依 Campbell 公司所提供加以修改，於田間分別組裝二套渦流相關系統可相互校正。

渦流相關系統之水汽通量是利用此外光分解大氣組成分(水汽及氧氣)的原理量測，量測原理及公式如下之說明：

水汽通量是以氪濕度計(Krypton hygometer)所量測，該儀器放射出之紫外光波段(123.58 及 116.49nm)，此兩波段可同時爲水汽和氧氣所吸收，量測公式爲：

$$V_h = V_{01}\exp(-xk_{w1}\rho_v - xk_{01}\rho_o) + V_{02}\exp(-xk_{w2}\rho_v - xk_{02}\rho_o)$$

V_h ：氪濕度計之電壓值； V_{01} 及 V_{02}：未吸收兩波段的訊號；x：氪濕度計之 Path length(cm)；K_{w1} 及 K_{w2}：兩波段水汽的吸收係數($m^3\ g^{-1}\ cm^{-1}$)；K_{01} 及 K_{02}：兩波段氧氣吸收係數($m^3\ g^{-1}\ cm^{-1}$)；ρ_v :水汽密度； ρ_o :氧氣密度。

其中氧氣密度無法直接量測，利用理想氣體定理(ideal gas law)估算，經整理後潛熱值爲

$$LE = Lv\ \frac{\overline{W^1(1n\ Vh)}}{-Xkw} - OC_{LE}\text{，其中}\quad OC_{LE} = L_V\ \frac{k_0}{-kw}\ \frac{C_o MoP}{R}\ \frac{\overline{\qquad}}{(W'T')}$$

LE：潛熱通量；L_V：水份蒸發之潛熱；$\overline{W'}$：垂直風速之瞬間偏差(deviation)；OC_{LE}：潛熱通量之氧氣校正項；Ko：氧氣吸收係數(常數)($m^3\ g^{-1}\ cm^{-1}$)；Co：大氣中氧氣的比例濃度(0.2095)；Mo：氧分子量(32)($g\ mol^{-1}$)；P：大氣壓力(Kpa)；R：氣體常數(8.31)($J\ mol^{-1}\ k^{-1}$)；$\overline{T'}$：氣溫之瞬間偏差(deviation)(℃)。

本研究將氣象觀測儀器裝置於農業試驗所農場內，配置如圖 2 所示，每一感測器在裝置前皆經校正程序，由於所架設儀器繁多，訊號線的長度控制在 30 公尺以內，以避免訊號的衰減，其中二氧化碳偵測是將矽膠管裝置在不同高度的支柱上，利用資料收集器之控制埠定時分別抽取田區內氣體，而在進入二氧化碳偵測器前先以乾燥劑去除水份。水稻在移植後即進行資料收集的工作。

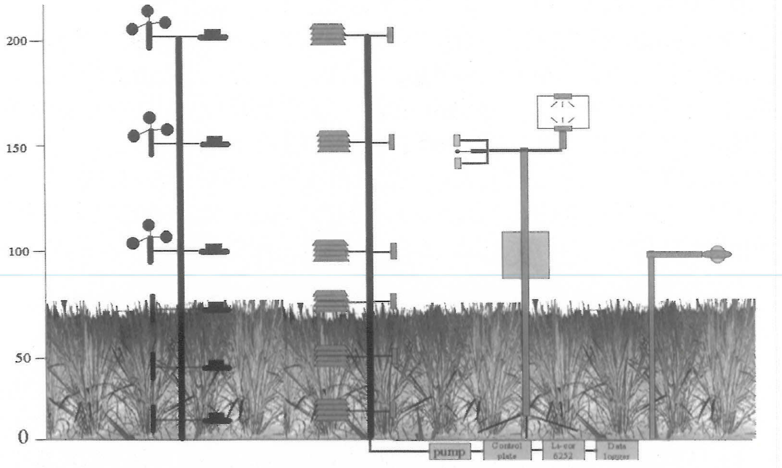

圖 2. 水稻田微氣象及渦流相關系統之儀器配置情形。

Fig. 2. Field deployment of micrometeorological instruments and eddy correlation system.

結 果

水田微氣象觀測

水稻在不同葉面積指數的生育階段微氣象觀測的結果如圖 3 所示，雖然每一垂直觀測有六點資料，但製圖時爲求簡化，僅標示出植冠上方(以 2 公尺資料爲主)，植冠間(依據植株高度作調整)及植冠下三部份。微氣象的偵測是連續性，因此僅就有差異的生育階段作標示。氣溫變化是以接近地面最高，越往上方因受風的影響而遞減，但此種垂直剖面的差異僅限於太陽照射時段，上下溫差約在 2℃左右，到夜晚則溫度差異較小。水稻植冠及下方之相對濕度變化夜間維持在 90-100％間，2 公尺的觀測值明顯偏低，白天雖以植冠下方較高，但植冠間的差異甚小。光度則是較明顯探討植冠形成的指標，LAI 1.56 時，尚未形成層面，植冠因葉片吹拂而遮蓋感應器，數值較低且變化大，LAI 2.45 時，植冠下方的光度明顯偏低，至 LAI 3.24 時，整個植冠上、中及下的層面形成，這也可由植冠及其下方之風速幾乎呈靜止狀態而說明。

水稻田間二氧化碳變化僅取 LAI 3 生長階段之日變化值做說明(圖 4)。二氧化碳變化和風速有明顯關係，白天風速大，植冠垂直分佈間的差異甚小，濃度約在 350-400 μL L^{-1} 之間，至夜晚風速小，減少風擾動的影響，植冠間因葉片行呼吸作用及二氧化碳分子量較大，不易往上層擴散之故，植冠上下相差約在 50-100 μL L^{-1} 之間，這種現象在不同生育時期或葉面積指數皆有相近的結果。

渦流相關系統校驗及量測

水田能量通量是以渦流相關系統量測，圖 5 爲向上傳送能量之潛熱及可感熱的裝置，另外，整個水田能量平衡尚包括向下傳送能量之淨輻射量及土壤熱通量兩項。圖 6 爲 2002 年 4 月 2 日至 11 日間水田能量項之變化，通量較低時向下及向上能量呈線性關係，通量高時則差異較大，不過，大體上可維持平衡狀態。事實上，可用兩者的比值(即 Rn+G / lE+H)表示，一般稱爲 closure ratio。Kizer & Elliott(1991)認爲 closure ratio 值可容許範圍爲 0.7-1.3 之間，將圖 7 資料重新計算之 closure ratio 平均值爲 0.85，且日夜變化均在容許範圍內，表示本研究所建立之渦流相關系統是可反應水田能量的變化。

在系統確定能準確量測通量後，利用兩組渦流相關系統於同一時間量測不同水份狀態下水田能量收支情形(圖 7)，取樣時間爲 4 月 28 日。圖 7-A 爲湛水之能量收支和 B 乾燥環境(水份張力爲 40 centibar)相較有較高的潛熱，可感熱及土壤熱流相對較低。當然，整個水田能量來源爲太陽輻射，包括潛熱、可感熱及土壤熱流的日變化皆與淨輻射一致，上午 10 時後，土面溫度的升高，潛熱及可感熱急速昇高，在正午至下午 2 點間各種通量達到最高值，至下午 5 時則迅速下降。

由圖 7 結果可知土壤含水量影響潛熱及可感熱的通量，而圖 8 是利用潛熱和可感熱的比值，一般稱爲飽溫比(Bowen ratio)和水田土壤含水量的關係性。水稻湛水狀態下，往上傳送的通量中，潛熱佔 80-90%，其餘爲可感熱部份，隨土表湛水及土層中水份減少，太陽輻射加熱對象的比重由地表水份轉爲空氣，此時，可感熱比重增加且潛熱降低。由於本研究中並非在田間進行乾旱處理，僅是將水稻生育時期所連續記錄之資料加以整理，水稻在生育過程中雖以湛水環境居多，但在最高分蘗期會減少灌水，使土壤中水份含量最低至地面龜裂(曬田)，此時水份含量約爲 90 centibar，飽溫比的比值約爲 0.8，顯示水田往上能量以可感熱傳送增多，事實上，在 40 centibar 時，兩種能量的比值即逐漸改變。

討 論

本試驗量測時間爲 2002 年一期作，此段時間適逢全國性旱象，水稻田的用水完全來自於灌溉用水，同時長時間高日射量的天氣型態，整個大氣條件較爲穩定，因此，圖 3 中三種葉面積指數之生育階段，白天最高溫皆在 34-35℃之間，日射強度最高值約在 2000 μmol m^{-2} s^{-1}。農田微氣象垂直變化受作物生長情形、太陽輻射強度及亂流交換狀況的影響，以溫度垂直分佈而言，白天溫差約爲 2℃，然

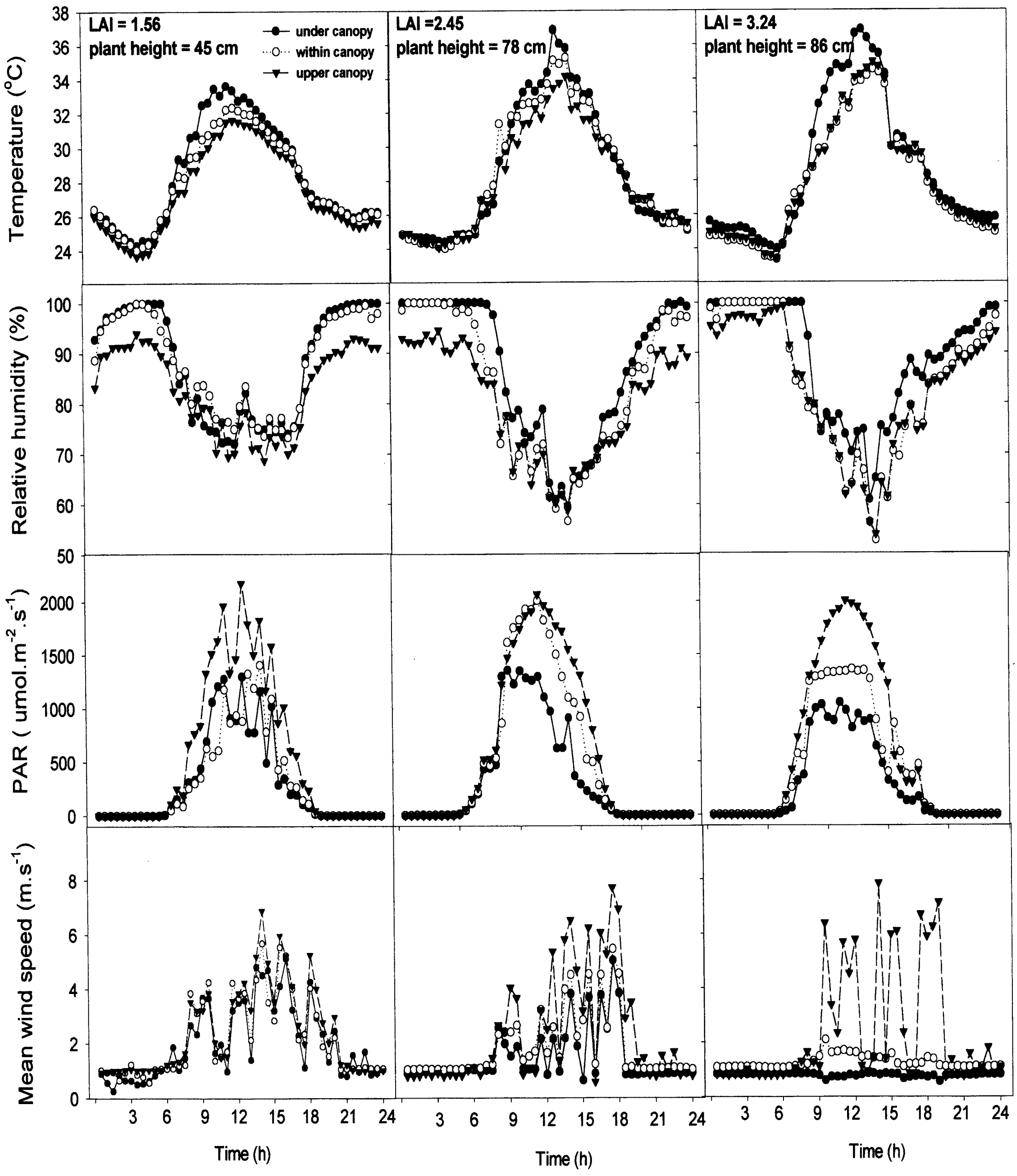

圖 3. 水稻不同生育時期植冠垂直剖面之氣溫，相對溼度，光度和平均風速之日變化。

Fig. 3. Diural change of vertical profile on air temperature, relative humidity, PAR (photosynthetical active radiation) and mean wind speed for rice canopy during the different growth stage.

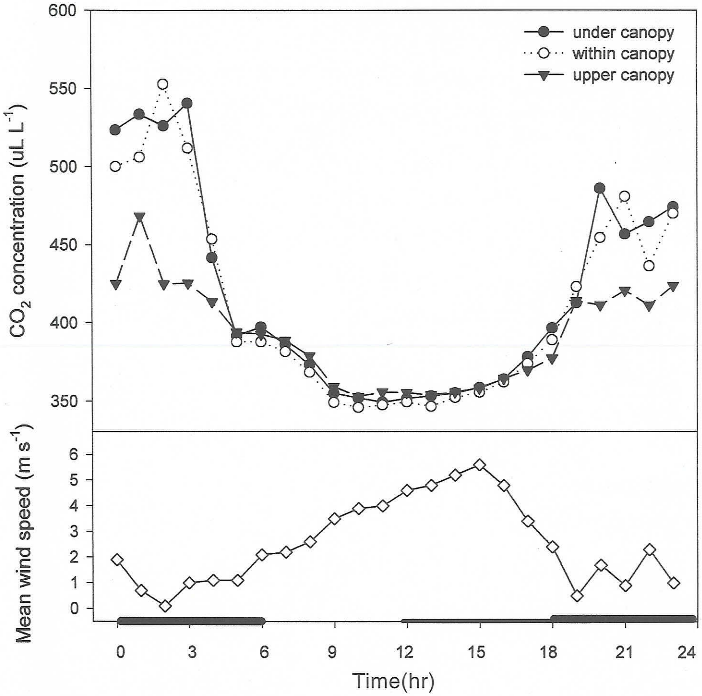

圖 4. 水稻植冠垂直剖面之二氧化碳濃度及平均風速之日變化。

Fig. 4. Diural change of vertical profile on CO_2 concentration and mean wind speed for rice canopy during Calendar day 124, 2002. The black bar was night period.

圖 5. 水田群落上方偵測垂直風速及絕對濕度偵測情形。

Fig . 5. Field layout to detect the vertical wind speed and absolute humidity above rice canopy in paddy.

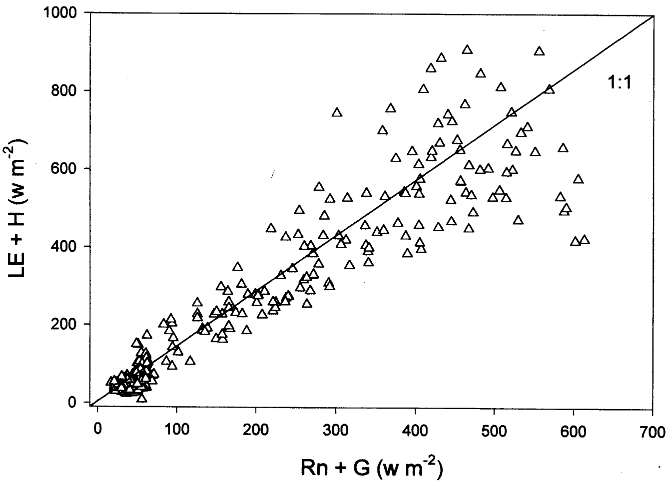

圖 6. 水稻田潛熱+可感熱對淨輻射+土壤熱流半小時平均值之相關性。

Fig. 6. The half-an-hour average turbuleant flux for LE+ Hvs. Rn+ G in field observed during Calendar Day 122-135, 2002.

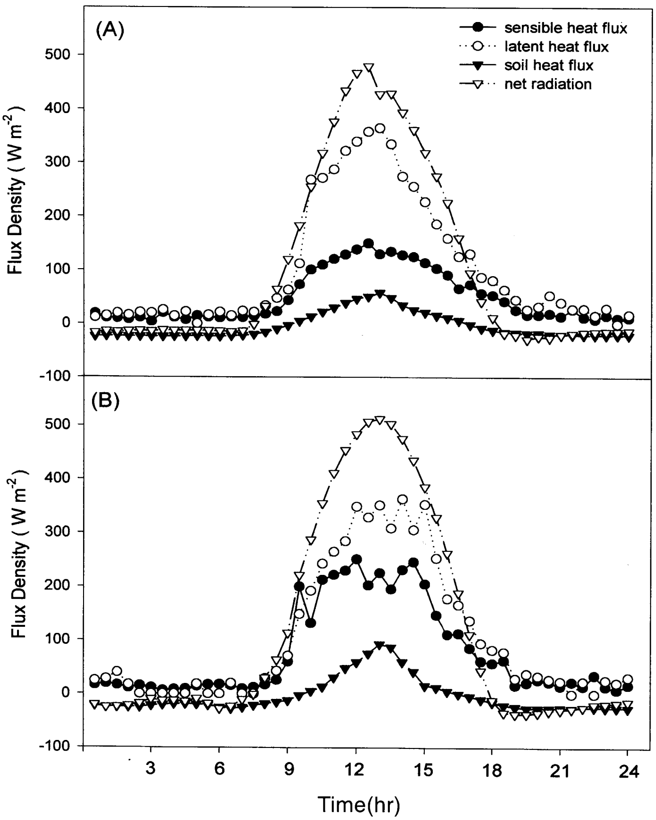

圖 7. 水稻田湛水及非湛水的土壤狀態下能量平衡情形。

Fig. 7. Energy balance components for irrigated (A) and nonirrigated (B) soil situation in paddy field during Calendar Day 128, 2002.

而 Maitani 等人(1986)所觀測高梁植冠溫差約 3-4℃，這和土壤含水量有關，一般水田溫差會較旱田為低，至於夜間，因長波輻射冷卻而降溫，不過植冠間差異甚小，至於其他微氣象因素由圖 3 及圖 4 可發現，微氣象垂直剖面的變化受水平風速(造成空氣擾動)影響，包括相對濕度和二氧化碳濃度的變化皆屬之，白天風速強形成植冠上下渦流擾動，不同高度間的垂直差異甚小，至夜間因風速減弱，包括地面水汽及葉片所排出二氧化碳往上傳送減少，植冠間垂直分布的差異性出現。

水稻生育初期，分櫱數及葉片所伸長面積較小，無法覆蓋所生育的區域，由上往下俯視，可區分地表及葉面，此時地面蒸發大於葉片的蒸散，而整個潛熱主要以太陽光對地表水份加熱為主，隨生育時間的增長，覆蓋面積及植冠結構增厚，地面為葉面所覆蓋，此時，葉片蒸散所佔潛熱比重增加，雖然就水稻耗水而言，蒸發或蒸散並無區分的必要，但在建構蒸散模式以估算耗水量時，包括葉面積、葉片蒸散(或氣孔導度)及蒸發皿皆是模式建構所需的基本資料。由圖 3 結果可知，水稻台農 67 號葉面積指數為 2-3 間，植冠垂直分布的差異明顯改變，葉片所形成植冠除減少上下對流外，同時也意味蒸散取代蒸發，當然在水稻生育後期會因葉片黃化而降低葉面積，但此時對於水分需求較少，本研究中並未探討這部分。

Brutsaert(1982)認為渦流相關系統應具有感測器的反應時間夠快，平均時期夠長及偵測速度精確等條件。本研究中系統取樣間距為 0.1 秒(10Hz)，每 10 分鐘取一次平均，當然這無法量測全部之渦流(eddy)，但依據 McBean(1972)的分析，不論提高或降低反應頻率對於偵測量差異不到 1%，而 Bosveld & Beljaars(2001)以 0.1, 0.2, 0.4, 1.0, 2.0 及 4.0 秒之取樣間距也認為取樣速率不影響通量的量測。雖然由圖 6 的 closure ratio 資料說明系統的量測具有準確性，但在量測過程仍有需克服之處，其中包括氪溼度計無法在高濕的環境(尤其是降雨)操作，在儀器說明書有特別註明，同時 Kizer & Elliott (1991)也提供檢測訊號輸出是否正確的方法，但實際在田間操作很難降雨前立即停止偵測，因此，整個量測時程內會有燈泡損壞及訊號錯誤的情形。此外，Kizer & Elliott(1991)也指出音波風速計在降雨時應注意短路情形，不過在本研究過程中尚未發生。E type 熱電偶線依據 campbell 公司之渦流相關系統所用線徑為 12.7μm，反應頻率大於 30Hz，但這種線徑非常容易斷裂，水田環境無法量測，本研究中改用 0.003 英吋之熱電偶線，當然這可能無法符合最小輻射負載的要求(Tanner 1979)。雖然其他儀器，包括淨輻射計、土壤熱流板及土壤溼度計等皆能穩定操作，但上述偵測潛熱及可感熱通量的儀器，受限於田間

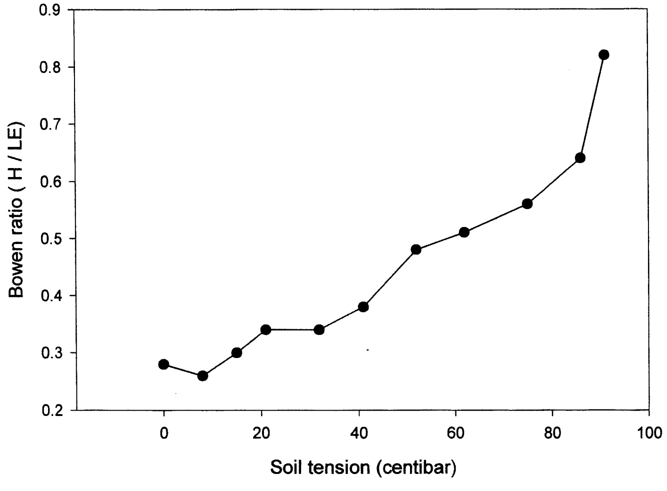

圖 8. Bowen ratio 和水稻田水分張力的關係圖。

Fig. 8. Relationship of Bowen ratio (H / LE) and soil water tension in rice field observed during Calendar Day 122-135, 2002.

環境而無法連續紀錄，尤其是降雨及降雨後數天的資料更容易遺漏。Mizutani 等人(1997)以音波風速計量測森林降雨時之蒸散量，發現降雨時較降雨後之蒸散量大，因此針對降雨時水分消耗及蒸發散部分，尚需利用其他方式量測。

針對渦流量測的環境必須是相當嚴謹，本研究仍有需探討之處，主要爲量測田區吹風距離(fetch)的影響，不同田間狀況所需的吹風距離不盡相同。Heilman 等人(1989)以多組鮑溫比感測器放置在不同高度及吹風距離以量測蒸散旺盛之牧草及棉花田，結果認爲 fetch-to-height ratio 至 20：1 的準確性仍可接受。Stannard(1997)則認爲渦流相關系統在相同條件下應比鮑溫比有更大的吹風距離，而一般認爲比值應爲 100：1 可避免植冠非均一性及風向的干擾(Kanemasu *et al.* 1979；Rosenberg *et al.* 1983)。但由我國現行水稻栽培情形，經土地重劃後的田區塊面積爲 0.25 公頃，即 25×100 公尺，以水稻栽培株高 1 公尺計算，所需吹風距離爲方圓 100 公尺的範圍，試區中必需避免田埂及道路的影響，很難找到合適的量測地點，解決方法可提高偵測取樣之速度及改變儀器架設的高度，但另一角度思考，水稻植冠層面均一，粗糙度(roughness)低，是否需要 100：1 的條件也可依據 Heilman 等人(1989)的方式進行探討。

結　論

傳統農業遭受最多批評之處，在於使用了與產值不成比例的自然資源，包括土地及水資源。水稻田是我國農地所佔面積最大，同時也是水資源利用最多之作物，水稻田用水除部份供植體吸收利用外，大部份以蒸發散方式排於大氣中，但目前對於水田蒸發散量所耗損水量缺乏適當方法作精確估算，常造成灌溉管理上需水量估計錯誤，影響水源分配及造成政策制訂上的盲點。

究竟一塊田區在水稻生育期間需要多少水？這個問題到目前爲止仍沒有明確答案，過去研究都以模式估算，例如利用作物微氣象變化或氣候資料相關關係式來估算作物需水量，但大多以旱作物爲主。陳＆甘(1997)利用氣候資料針對我國十個主要地區進行水稻需水量的估算工作，但所用 Penman-Monteith 估算法仍是以旱田作物所發展出來的模式，加上並沒有田間實測値，因此無法驗證。本研究目的爲實測水田微氣象變化，同時建立田區能量平衡項的量測系統，尤其著重於水汽通量部分，希望能以實測方式提供更具說服力的數據，然而在試驗過程仍有需探討之處，例如吹風距離及高濕環境造成量測盲點的問題，當然如果以整個水資源利用而言，尚包括水稻田進出水量的監測、整個水稻生育期的蒸發散量，及土壤入滲問題等，皆有待更進一步的量測。

誌　謝

試驗過程中有關二氧化碳偵測控制面板之設計與開發，受曾經服務於本所之李孟穎及江昭謀兩位先生的盡心協助，在此特表謝忱。

引用文獻

吳富春、沈易徵。2002。水田微氣候模式之建立與應用。農業工程學報 48:10-23。
徐森雄、李錦育。1999。台灣地區雷雨日數與稻作面積關係之探討。中華農業氣象 6:1-6。
陳清田、甘俊二。1997。台灣地域性作物需水量之推估研究。農業工程學報 43:1-18。
羅正宗、林俊隆。2000。利用植冠分析儀測定水稻葉面積指數之標準規範。中華農藝 10:13-21。
Anderson, D. E., S. B. Verma and N. J. Rosenberg. 1984. Eddy correlation measurement of CO_2, latent heat, and sensible heat fluxes over a crop surface. Boundary Layer Meteorol. 29:263-272.

Bosveld, F. C. and A. C. M. Beljaars. 2001. The impact of sampling rate on eddy-covariance flux estimates. Agric. For. Meteorol. 109:39-45.

Brustsaert, W. 1982. Evaporation into the Atmosphere, D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland.

Dyer, A. J. 1961. Measurement of evaporation and heat transfer in the lower atmosphere by an automatic eddy-correlation technique. Quart. J. Roy. Meteorol. Soc. 87:401-410.

Heilman, J. L., C. L. Brittin and C.M.U. Neale. 1989. Fetch requirements for Bowen ratio measurements of latent and sensible heat flux. Agric. For. Meteorol. 44:261-273.

Kanemasu, E. T., M. L. Wesley, B. B. Hicks and J. L. Heilman. 1979. Techniques for calculation energy and mass flux. p.156-182. *In*：Modification of the Aerial Environment of Crops. (Barfield, B.J. and J.F. Gerber. *eds.*) St. Joseph, MI：ASAE.

Kizer, M. A. and R. L. Elliott. 1991. Eddy correlation systems for measuring evapotranspiration. Trans. ASAE 34:387-392.

Maitani, T., T. Seo and K. Sahashi. 1986. Measurement of vertical profiles and fluctuations of air temperature within and above a sorghum canopy. Agric. Study 61:19-27. (in Japanese with English Abstract).

Mcbean, G. A. 1972. Instrument requirements for eddy correlation measurements. J. Appl. Meteorol. 11:1078-1084.

Mizutani, K., K. Yamanoi, T. Ikeda and T. Watanabe. 1997. Applicability of the eddy correlation method to measure sensible heat transfer to forest under rainfall conditions. Agric. For. Meteorol. 86:193-203.

Oue. H. 1995. Study on characteristics of heat balance and estimation of evapotranspiration in the complex land use region. Mem. Coll. Agric. Ehime Univ. 40:1-90. (in Japanese with English abstract).

Prueger, J. H., T. J. Sauer and J. L. Hatfield. 1998. Turbulence flux estimates of sensible and latent heat near shelterbelts during low wind conditions. Trans. ASAE 41:1643-1650.

Rosenberg, N. J., B. L. Blad and S. B. Verma. 1983. Microclimate: The Biological Environment. 2nd ed. John Wiley and Sons. New York. 335 pp.

Stannard, D. I. 1997. A theoretically based determination of Bowen-ratio fetch requirements. Boundary Layer Meteorol. 83:375-406.

Stull, R. B. 1988. An Introduction to Boundary Layer Meteorol. Kluwer Academic Publishers, Boston. 666 pp.

Swinbank, W. C. 1951. The measurement of vertical transfer of heat and water vapor by eddies in the lower atmosphere. J. Meteorol. 8:135-145.

Tanner, C. B. 1960. Energy balance approach to evapotranspiration from crop. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 24:1-9.

Tanner, C. B. 1979. Temperature: Critique I. P.32-49 *In:* Controlled Environment Guidelines for Plant Research. (Tibbits T.W. and T.T. Kozolowski. *eds.*) Academic Press. New York.

Measurement of Vertical Profiles and Fluctuations on Agrometeorological Factor within and above a Rice Canopy[1]

Ming-Hwi Yao[2,3], Jin-Chuan Tsai[2] and Lien-Sheng Liang[2]

Summary

Yao M. H., J. C. Tsai and L. S. Liang. 2003. Measurement of vertical profiles and fluctuations on agrometeorological factor within and above a rice canopy. J. Agric Res. China 52:50-61.

Vertical profiles of air temperature、light intensity、relative humidity、wind speed and CO_2 concentration were observed within and above a rice canopy in paddy field of Taiwan Agriculture Research Institute. In order to evaluate the reasonable irrigation water requirement in paddy field, the eddy correlation system has been established, not only to detect energy fluctuation, but also to evaluated the energy balance with different soil water condition. The results indicate that the temperature profiles within and above plant canopy exhibited remarkable diurnal variations, the difference of temperature was 2℃. In the daytime, the maximum temperature was observed within the plant canopy. The relative humidity and CO_2 concentration within and above plant canopy were significant different during night period, however, the difference during day time were not significant because the wind increased the air turbulence. The surface energy balance equation was used the closure ratio (the ratio of sum of latent and sensible heat fluxes to the sum of net radiation and soil heat flux) as the evaluated index. In our study the average of closure ratio was 0.85. Bowen ratio(sensible heat / latent heat)was used to evaluated the change of energy component on the soil condition of paddy field, the results showed this ratio will be changed when soil tension was 40 centibar during the maximum tillage stage of rice.

Key words : Micrometeorology, Eddy correlation system, Evapotranspiration, Closure ratio, Bowen ratio.

---

1. Contribution No.2145 from Taiwan Agriculture Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : March 27, 2003.
2. Respectively, Assistant Researcher, Associate Researcher, Researcher and Head, Agricultural Engineering Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail：mhyao@wufeng.tari.gov.tw；FAX：(04)23338162.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:62~72(2003)

渦旋式誘蠅器對東方果實蠅(雙翅目：果實蠅科)之誘殺效果[1]

何坤耀[2,5] 洪士程[2] 陳健忠[3] 李後晶[4]

摘 要

何坤耀、洪士程、陳健忠、李後晶。2003。渦旋式誘蠅器對東方果實蠅(雙翅目：果實蠅科)之誘殺效果。中華農業研究 52:62-72。

田間測試結果，利用含毒或不含毒甲基丁香油誘殺板之渦旋式誘蠅器對東方果實蠅(*Bactrocera dorsalis* (Hendel))皆有良好的誘殺效果，可持效 8 個月以上，經再次試驗之結果亦同。雄蟲誘殺量可隨誘蠅器內誘殺板甲基丁香油含量之增加而增加，每片吸滿 12ml 以上時可發揮最大功效。室外陽台觀察結果，在 4 個月內亦以不含毒閉密式之渦旋式誘蠅器具有較佳之持續誘殺效果。連續 8 天及 6 天短期觀察結果，含毒、密閉與否之誘引力差異不明顯，縱然是使用含毒之誘殺板，亦宜置於渦旋式誘蠅器內。進一步田間蓮霧園測試結果，含毒誘殺板之誘殺雄蟲量，僅為不含毒誘蠅器誘蟲數之 44.4%。在荔枝園渦旋式誘蠅器不論使用含毒或不含毒之甲基丁香油，再添加蜂蜜或尿素並不會增加誘殺效果。在含毒或不含毒誘蠅器外加覆粘蟲紙，亦不會明顯增大誘殺效果。另外，在渦旋式誘蠅器之底邊周圍打 5 個小孔，並不會影響其誘引力，確可解決器內積水問題。

關鍵詞：渦旋式誘蠅器、東方果實蠅、甲基丁香油。

前 言

東方果實蠅(*Bactrocera dorsalis* (Hendel))為台灣果樹的主要害蟲，危害 30 多種重要經濟果樹，目前的防治方法包括含毒甲基丁香油滅雄法(邱&朱 1998，Cheng *et al.* 2001)、蛋白質水解物等食物誘餌誘殺雌雄(劉 1992，Gazit *et al.* 1998，陳等 2001)、藥劑防治(許&馮 2000)、套袋保護果實及清理落果等(李 1988，朱 2000，黃&蘇 2000)。

利用含毒甲基丁香油誘殺板之懸掛或空投方法，企圖誘殺田間果園及非果園區之雄蟲以阻絕雌蟲之交尾機會而降低整體東方果實蠅之密度，然因受制於台灣複雜的坡地果園環境(黃 1997)、用藥習慣、對防治法之認知差異及有限之資材而往往不能達到全面性、長期性的有效誘殺(朱 2000)。

---

1. 行政院農委員會農業試驗所研究報告第 2146 號。接受日期：92 年 4 月 16 日。
2. 本所嘉義分所植保系副研究員、助理研究員。臺灣省 嘉義市。
3. 本所應用動物組副研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
4. 國立台灣大學昆蟲系教授。台北市。
5. 通訊作者，電子郵件：kunyawho@dns.caes.gov.tw；傳眞機：(05)2773630。

渦旋式(安啦 Victor)誘蠅器是台灣嘉義民雄瑞芳公司出品(圖 1)的一種果實蠅誘捕器，利用暗室原理及渦旋式漏斗狀導入體設計，其內置放不含毒甲基丁香油誘殺板以誘殺雄蟲，具有長期穩定的誘殺效果(何等 2001，何 2003)。採用這種誘蠅器能防止誘集之果實蠅逃逸之特點，恰可彌補開放式含毒誘殺板之“誘至而卻未誘殺”之漏洞(朱 1998)，而且亦具快速及長期誘殺之功效(朱等 1985，朱 2000)，故不論是在作交尾干擾、密度偵測(黃等 1997)及滅雄誘殺上皆能有效的發揮功能。

渦旋式誘蠅器與其他誘蟲器材之比較，確實具有非常有效的誘雄效果。是否有必要在其使用之不含毒甲基丁香油誘殺板之外，再添加一些紅糖(劉&陳 1992)、糖蜜(劉&黃 2000)或蜂蜜，或增加氨(Bateman & Morton 1981)、尿素及粘紙等(Prokopy & Economopoulos 1975)以增加其誘殺能力？另外對於其偶會遭受雨水濺入之問題，亦需設法解決。本試驗乃對上述諸多問題作一系列之試驗探討，以確定渦旋式誘蠅器內使用不含毒甲基丁香油誘殺板之滅雄法，可在果實蠅綜合防治上扮演重要的角色。

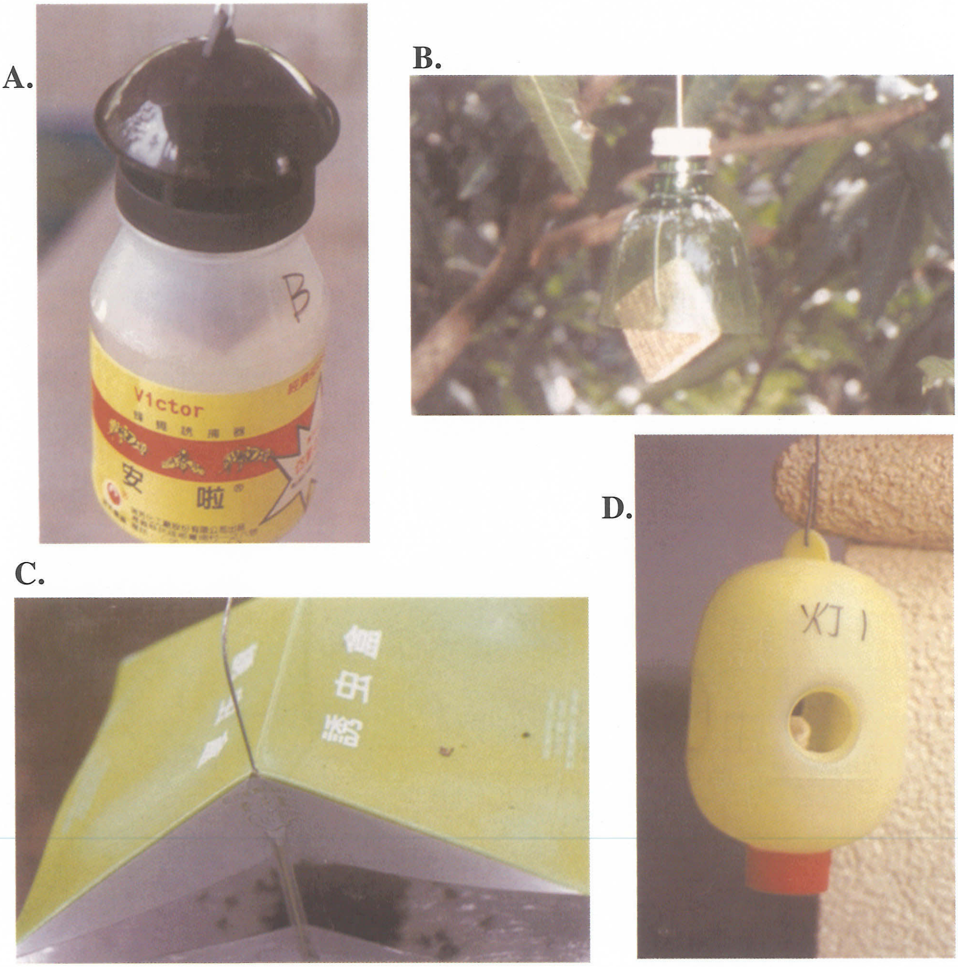

圖 1. 東方果實蠅各式誘蟲器材：A.渦旋式(安啦)誘蠅器，B.甲基丁香油誘殺板，C.甲富粘蟲盒，D.老式誘蟲燈。

Fig. 1. Different traps used for attracting the Oriental fruit fly in Taiwan: A. Victor (An-La) fly trap, B. Methyl eugenol fiber board, C. Wing trap (Chia-Fu), D. General lantern trap.

材料與方法

誘蠅器之誘殺持續效果測試

荔枝園調查：從 1998 年 7 月至 1999 年 6 月間在嘉義分所遮蔭及通風良好之荔枝園進行，每月調查各渦旋式誘蠅器(懸掛於樹下離地約 1m 高度，相距 15 公尺)內之東方果實蠅雄蟲數。誘蠅器內放置誘殺板($4.5 \times 4.5 \times 0.9$ cm)一片(圖 1)，以只添加一次含毒甲基丁香油(吸滿 14ml)者為持效處理組，另每月再添加含毒(5%乃力松)及不含毒甲基丁香油(至吸滿為止)者作為對照組。又在 2001 年 8 月至 2002 年 4 月間，於前述荔枝園重複進行一次驗證。分成只吸滿一次不含毒甲基丁香油(約 14ml)及每月加滿一次(恢復 14ml)等兩種處理，各作 4 重複，亦調查每月誘殺雄蟲數。

人心果果園不同濃度持效：於 1998 年 11 月至 1999 年 5 月間在嘉義分所與荔枝園相距約 300 公尺之人心果果園進行，每月亦調查含不同濃度甲基丁香油誘殺板之渦旋式誘蠅器誘雄數。每片誘殺板只添加 0.75、1.5、3.0、6.0 及 12.0ml 不含毒甲基丁香油一次，另以每月添加(吸滿約 14ml)為對照組。

陽台觀察印證：於 2001 年 7 至 11 月間，在嘉義分所將含毒與不含毒甲基丁香油之渦旋式誘蠅器先懸掛在荔枝園，分為打開(開放)與不打開(密閉)兩種處理。每隔兩週後自田間取回植保系二樓陽台，置於試驗桌上方懸掛觀察 2 小時(14:00—16:00 成蟲活躍期間)，記錄開放與密閉各組處理之誘引雄蟲數。每次輪換位置並在觀察前先於試驗桌底下(間隔 1m)先釋放雄蟲 100 隻，將 4 組處理分別以開放(將誘蠅器打開)與密閉(不打開)方式輪流觀察 30 分鐘，亦即各處理在 2 小時內各觀察兩次。

含毒與密閉對誘蠅器誘殺效果之影響

陽台每天持續觀察：自 2001 年 11 月 20 至 27 日，在本分所試驗室之二樓陽台，連續 8 天作 1 小時(14：00—15：00 成蟲活躍期間)之密集觀察。將含毒、不含毒與開放、封閉 4 組處理擺放於 60 公分見方之鐵盤(擺放於試驗桌上)4 個角落中，記錄 1 小時內之誘引蟲數，每次亦於試驗桌下釋放雄蟲約 200 隻，每天皆依順時針輪換位置。

含毒誘殺板與內置含毒誘殺板渦旋式誘蠅器在陽台之誘殺率：於 2001 年 12 月 19—26 日，分別將含毒之甲基丁香油誘殺板置於渦旋式誘蠅器內或開放(打開誘蠅器)直接放置於前述鐵盤中，每日定時(13：50—15：50 果實蠅活躍期間)觀察兩小時之誘引及死亡雄蟲百分率。在每次誘集之前亦皆先釋放雄蟲 100 隻，當做誘引之蟲源，共進行 6 天次重複。

含毒誘殺板與不含毒渦旋式誘蠅器田間試驗：在本分所蓮霧園，於 2001 年 3 月至 4 月間，共作三時期，共 14 天次重複。分成內置不含毒、密閉渦旋式誘蠅器及含毒、裸露開放之誘殺板(以倒置網傘盛接誘殺之雄蟲)兩組，相距 20 公尺，每次輪換位置。調查每天兩者誘殺雄蟲數，並以前段論述所得現場死亡蟲數，推測其可能之實際誘殺效果。

不同處理對誘蠅器誘殺效果之影響

添加蜂蜜與尿素：於 2001 年 7—8 月間，在本分所之荔枝園測試渦旋式誘蠅器，除吸滿 14ml 甲基丁香油外，另於器內再添加蜂蜜(約 2ml)或尿素(約 2g)，記錄每週誘蟲量。共分成含毒、不含毒及添加與否等 6 處理，各作 2 次重複。各調查站相距約 15 公尺，各處理依序環狀排列，每次調查時輪換位置，並依順時針方向前進一站。

各種誘蟲設計之比較：於 2001 年 8 月至 9 月間在本分所同上之荔枝園，共進行五週調查。在甲富公司出品之紙製翼型誘蟲盒、老式燈籠型誘蟲器及渦旋式誘蠅器內(圖 1)，放入長、寬、厚 $3 \times 2 \times 0.9$ cm 之含毒甲基丁香油纖維板條(將現行使用規格之誘殺板切成條狀)，各有粘與不粘兩種處理。即在老式誘蟲燈及渦旋式誘蠅器之外部，套上黃色粘板為粘處理；另將誘蟲盒塗有粘蟲膠的下層部分，以無粘膠的上層取代作為不粘處理。各組處理依環狀排列，各距 15 公尺，每週調查誘殺雄蟲數，並依順時針推進一站，輪換位置。繼續在 2001 年 9—11 月間於相同之荔枝園，比較含毒誘殺板、老式誘蟲燈及不含毒渦旋式誘蠅器粘或不粘的誘殺效果，共進行 6 週。亦如上述每週調查雄蟲數，各組擺列方式相

同，只改換成將誘殺板置於圓筒狀之粘板內，不粘的誘殺板處理則置於倒置傘狀網罩平面中央。

有孔與無孔處理：在渦旋式誘蠅器之底面鑽 5 個直徑約 0.2 公分，平均分散於周圍之小孔，作爲防止罐內積水用。另以未鑽孔之渦旋式誘蠅器爲對照，各作 2 重複。於 2001 年 10—11 月間，在試驗室二樓陽台，將各誘蠅器排成一列，各站相距約 2 公尺，每天輪換推進一站，每 4 天調查累積之誘蟲數。

結　　果

誘蠅器之誘殺持效效果

荔枝園懸掛含毒與不含毒甲基丁香油三種處理之誘蟲數從 9 月以後皆逐漸下降，至 12 月時已降至最低峰。但在 1—3 月間雖然氣溫較低，各渦旋式誘蠅器之誘雄量仍不少，4—5 月份之蟲源密度漸增，至 6 月時果園內族群密度激增(圖 2)。2001 年 9 月之後嘉義分所荔枝園內之東方果實蠅密度已開始下降，直到翌年 3—4 月間才又上昇(圖 3)。各處理小區之差異並不顯著，經 8 個月後只加一次不含毒甲基丁香油之渦旋式誘蠅器，與每月添加一次甲基丁香油之對照組比較，平均仍可誘得 85%之誘蟲數。

圖 4 顯示不同含量甲基丁香油誘殺之平均雄蟲數，當濃度較低(0.75-3.0ml / trap)時，由濃度倍增所造成誘殺量增爲 1.5-1.6 倍，而當濃度昇高(3.0-12ml)時，其濃度倍增所提高的誘殺量則爲 2.6-2.9 倍。由 12ml 增至完全吸滿飽和(約 14ml)，則再增爲 1.4 倍。

將陽台連續觀察 2 小時，各處理之誘蟲數由表 1 約略可看出不含毒密閉組開放式處理(即於果園密閉，取回陽台時再打開)之誘引力爲最佳，但果實蠅沒有死亡，故還是以密閉式爲較佳之誘殺方法。不含毒開放組開放式處理(即於果園開放，取回陽台時亦開放)平均誘蟲雖多，但亦沒有致死，而在其密閉式誘殺力反較弱，可能因開放式處理甲基丁香油揮發較快而使其含量降低所致。在含毒密閉組之密閉式處理組之誘殺則較不含毒密閉組之密閉式誘殺蟲數略少，但統計上無顯著差異。

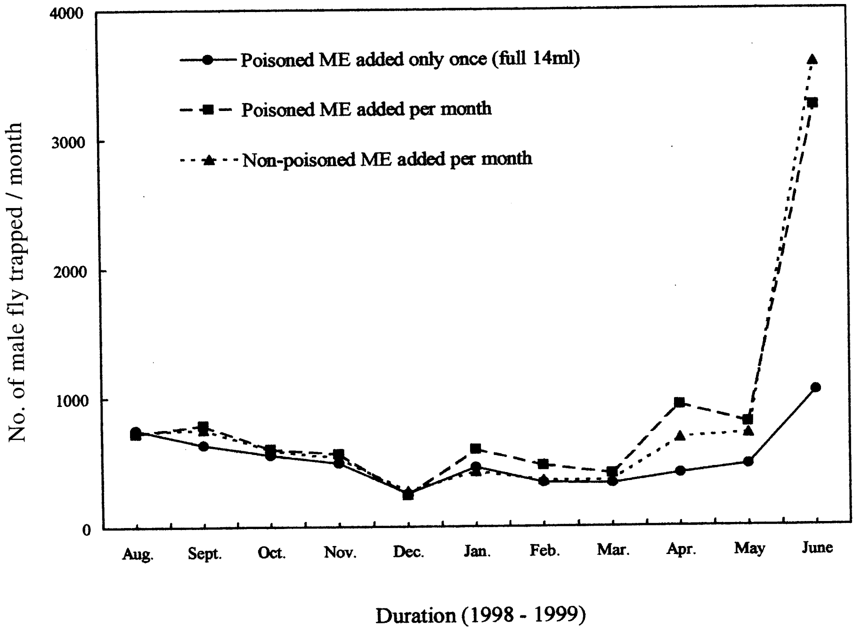

圖 2. 在嘉義分所荔枝園渦旋式誘蠅器內含毒及不含毒甲基丁香油對東方果實蠅誘殺蟲數變動。

Fig. 2. Fluctuations of number of Oriental fruit fly trapped by poisoned and non-poisoned methyl eugenol (ME) in Vicotr fly trap in a litchi orchard at Chia-Yi Station.

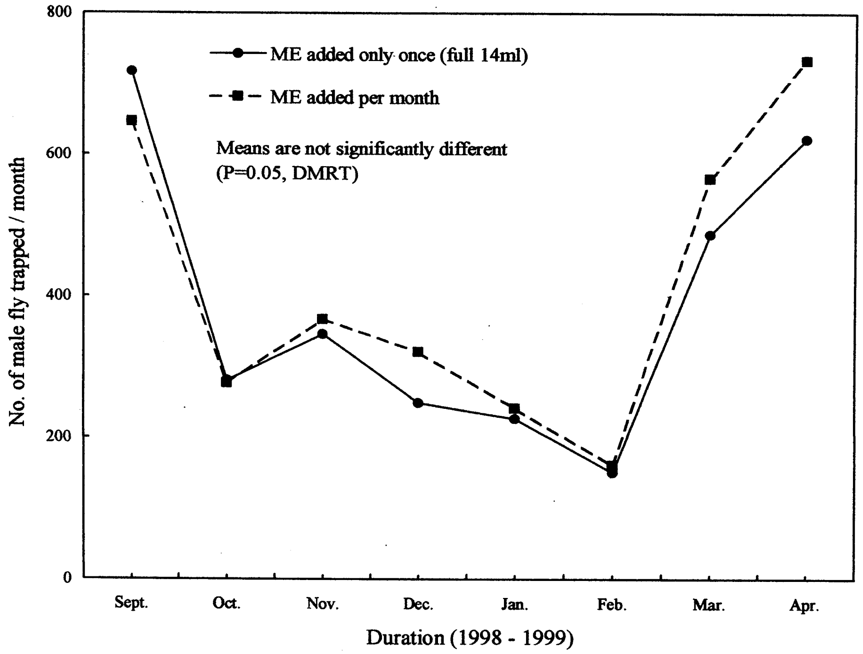

圖 3. 在嘉義分所荔枝園渦旋式誘蠅器內不含毒甲基丁香油對東方果實蠅誘殺蟲數。

Fig. 3. The number of Oriental fruit fly trapped by non-poisoned methyl eugenol (ME) in Victor fly trap in a litchi orchard at Chia-Yi Station.

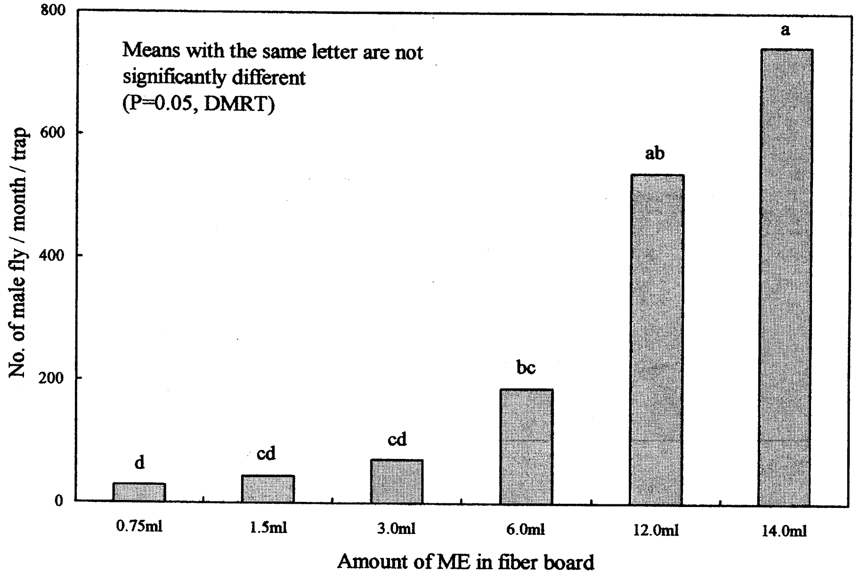

圖 4. 渦旋式誘蠅器不同含量之不含毒甲基丁香油對東方果實蠅之誘殺效果。

Fig. 4. The trapped number of Oriental fruit fly by using different amount of non-poisoned methyl eugenol (ME) in Victor fly trap.

含毒及密閉

在陽台每天目視觀察 1 小時持續觀察 8 天之結果顯示以新添加不含毒開放式之誘引力最高，其次爲含毒開放式，再其次爲密閉式者(表 2)。繼續在陽台重複觀察 6 天含毒甲基丁香油誘殺板之誘殺蟲數，結果密閉與開放兩組誘得之雄蟲數各爲釋放蟲數之 18.3 及 23.5%(表 3)。另由其他試驗數據得知，其中約含 1.5—1.75%非釋放之野生蟲。

表 1. 渦旋式誘蠅器內甲基丁香油持續開放或密閉對東方果實蠅之誘殺效果

Table 1. The effectiveness of methyl eugenol (ME) in Victor fly trap on constant open or closed situation for attracting the Oriental fruit fly

Date (2001)	No. of male fly trapped / 2hr.							
	Poisoned ME				Non-poisoned ME			
	Open[z]		Closed		Open		Closed	
	Open[y]	Closed	Open	Closed	Open	Closed	Open	Closed
Aug. 1	27	25	31	23	21	14	41	21
Aug. 15	21	11	16	8	22	6	15	14
Aug. 29	7	10	10	6	16	9	14	25
Sept. 12	18	46	23	44	23	30	31	51
Sept. 26	21	9	19	8	22	6	20	8
Oct. 10	12	3	11	12	17	7	17	8
Oct. 24	5	5	11	11	20	4	21	12
Nov. 7	5	2	13	3	6	2	17	6
Av.[x]	14.5bcd	13.9cd	16.8abc	14.4bcd	18.4ab	9.8d	22.0a	18.1abc

[z] Constant open or closed situation in a litchi orchard.

[y] Open or closed situation when observed at balcony.

[x] Means in the row followed by the same letter are not significantly different (P=0.05, DMRT).

表 2. 陽台上渦旋式誘蠅器內甲基丁香油之開放或密閉對東方果實蠅誘引效果

Table 2. The effectiveness of methyl eugenol (ME) in Victor fly trap on open or closed situation for attracting the Oriental fruit fly at balcony

Date (2001)	No. of male fly trapped / hour			
	Poisoned ME		Non-poisoned ME	
	Open[z]	Closed	Open	Closed
Nov. 20	14	10	27	10
Nov. 21	26	28	34	12
Nov. 22	14	9	13	9
Nov. 23	34	16	30	29
Nov. 24	6	15	17	5
Nov. 25	7	12	7	3
Nov. 26	9	3	9	6
Nov. 27	15	4	12	11
Av.[y]	15.6ab	12.1b	18.6a	10.6b

[z] Open or closed situation when observed at balcony.

[y] Means in the row followed by the same letter are not significantly different (P=0.05, DMRT).

進一步在本分所蓮霧園測試之結果(表 4)，更可明顯看出不含毒密閉式渦旋式誘蠅器之誘殺雄蟲量，爲懸掛單片含毒甲基丁香油誘殺板誘殺量之 5 倍以上。若再依上述試驗之結果，含毒誘殺板之現場誘殺量僅占全部誘引雄蟲數之 44.3%推算，含毒誘殺板之可能誘殺量，亦僅爲不含毒密閉渦旋式誘蠅器誘殺量之 44.4%。

其他處理

在荔枝園進行渦旋式誘蠅器內添加蜂蜜與尿素之誘殺力調查結果(表 5)，發現不含毒之甲基丁香油組所誘得之雄蟲數較含毒組爲多，可能是添加農藥的忌避作用。在不含毒組和有毒組添加蜂蜜後誘蟲數差異並不顯著。不含毒甲基丁香油和含毒組再添加尿素誘蟲數差異亦不顯著。

比較乾式誘蟲盒、老式誘蟲燈及渦旋式誘蠅器粘與無粘之誘殺結果(表 6)，外套黃色粘板之老式誘蟲燈、具粘底之誘蟲盒及外套黃色粘板之渦旋式誘蠅器，三者之誘蟲數無顯著差異。誘蟲盒組之不粘處理的平均誘蟲數(爲粘的 21%)顯著較其他處理低。

表 3. 陽台渦旋式誘蠅器含毒甲基丁香油密閉或開放對東方果實蠅誘引及致死率

Table 3. The trapped and dead rate of poisoned methyl eugenol (ME) by Victor fly trap in closed or open situation for attracting the Oriental fruit fly at balcony

Date	Poisoned ME in closed Victor trap		Poisoned ME outside of Victor trap	
(2001)	% Male trapped	% Dead	% Male trapped	%Dead
Dec. 19	18.3	18.3	21.0	10.3
Dec. 20	11.3	11.3	12.5	5.5
Dec. 22	14.8	14.8	24.5	9.3
Dec. 23	17.8	17.8	26.5	14.5
Dec. 25	30.0	30.0	33.0	12.5
Dec. 26	20.8	20.8	23.5	10.0
Av.[z]	18.3b	18.3b	23.5a	10.4c

[z] Means in the row followed by the same letter are not significantly different (P=0.05, DMRT).

表 4. 蓮霧園不含毒渦旋式誘蠅器與含毒誘殺板對東方果實蠅之誘殺效果(2001)

Table 4. The effectiveness of non-poisoned Victor fly trap and poisoned fiber board for attracting the Oriental fruit fly in wax apple orchard (2001)

Replicate[z]	Mean no. of male fly trapped / day	
	Closed Victor fly trap	Open fiber board
I	13.0	2.6 (5.9)[y]
II	20.8	3.3 (7.4)
III	22.4	5.2 (11.7)
Av.[x]	18.7a	3.7b (8.3)

[z] Replicate was sequentially conducted during Mar. 27-31, Apr. 3-6 and Apr. 4-11, 2001.

[y] No. in parenthesis is calculated from trapped value divided by 0.443 (the ratio of present dead fly).

[x] Means in the row followed by the same letter are not significantly different (P=0.05, DMRT).

表 5. 荔枝園渦旋式誘蠅器內甲基丁香油添加蜂蜜或尿素對東方果實蠅誘殺效果

Table 5. The effectiveness of methyl eugenol (ME) in Victor fly trap by adding honey or urea for attracting the Oriental fruit fly in litchi orchard

Date	No. of male fly trapped / week					
(2001)	Non-poisoned ME in Victor trap			Poisoned ME in Victor trap		
	ME only	Honey added	Urea added	ME only	Honey added	Urea added
Jul. 6	290	389	229	261	211	267
Jul. 23	211	141	162	110	111	127
Jul. 30	146	172	216	110	101	118
Aug. 6	169	213	145	123	66.5	125
Aug. 13	210	127	156	90.5	107	120
Av.[z]	205±54.9a	208±106a	182±38.1ab	139±69.2c	119±54.2c	151±64.7bc

[z] Means in the row followed by the same letter are not significantly different (P=0.05, DMRT).

將含毒誘殺板、老式誘蟲燈及渦旋式誘蠅器，粘或不粘處理組同樣在荔枝園之誘殺結果整理於表7。不含毒之粘或不粘渦旋式誘蠅器誘殺雄蟲數似較高，其次爲含毒之粘或不粘誘殺板，但四者間並無顯著差異。此與前項試驗中不含毒渦旋式誘蠅器之誘蟲效果反較含毒者爲佳之結果相似。

在內置不含毒甲基丁香油誘殺板之渦旋式誘蠅器底面周圍鑽孔與否對東方果實蠅之誘殺結果(表8)顯示，在底部鑽 5 孔之處理組與不鑽孔之對照組差異不顯著(t-test)。雖然在 10 月份後因田間東方果實蠅蟲源之密度已降低，故在陽台各渦旋式誘蠅器所誘得之蟲數並不高，然經統計分析結果，鑽孔與否兩者之平均誘蟲數幾乎沒有差異(6.1：6.4)。

討　論

由圖 2 顯示此誘蠅器可作爲有效的密度偵測工具。何等(2001)報告經 8 個月之持續誘殺結果，不論含毒或不含毒之甲基丁香油，置於渦旋式誘蠅器內，皆能維持良好之誘殺效果。然至 9 個月後效果已開始下滑，至第 11 個月時，誘殺效果僅剩 30%左右。另外，含毒與不含毒甲基丁香油在渦旋式誘蠅器內，對東方果實蠅之誘殺效果差異則不顯著(1.03：1)。由圖 2 及圖 3 之整體平均而言，8 個月期間內，不再加甲基丁香油處理之誘蟲數，約爲每月添加一次者之 93%(385 / 414)。

表 6. 荔枝園誘蟲盒、誘蟲燈及渦旋式誘蠅器粘與無粘對東方果實蠅誘殺效果

Table 6. The effectiveness of wing, lantern and Victor fly traps on sticky and non-sticky situation for attracting the Oriental fruit fly in a litchi orchard

Date (2001)	No. of male fly trapped by poisoned methyl eugenol trap / week					
	Wing trap		Lantern trap		Victor fly trap	
	With sticky bottom	With non-sticky bottom	Sticky	Non-sticky	Sticky	Non-sticky
Aug. 20	63	11	46	21	66	37
Aug. 27	38	4.5	53	35	38	34
Sept. 3	40	17	69	30	28	18
Sept. 10	48	7.5	40	21	26	17
Sept. 17	30	5.5	42	32	26	18
Av.[z]	43.8 a	9.1 c	50.0 a	27.8 b	36.8 ab	24.8 b

[z] Means in the row followed the same letter are not significantly different (P=0.05, DMRT).

表 7. 荔枝園誘殺板、誘蟲燈及渦旋式誘蠅器粘與無粘對東方果實蠅之誘殺效果

Table 7. The effectiveness of methyl eugenol (ME) fiber board, lantern and Vicotr fly traps on sticky and non-sticky situation for attracting the Oriental fruit fly in a litchi orchard

Date (2001)	No. of male fly trapped / week					
	Poisoned ME fiber board		Lantern trap with poisoned ME fiber board		Victor fly trap with non-poisoned ME fiber board	
	Sticky	Non-sticky	Sticky	Non-sticky	Sticky	Non-sticky
Oct. 1	28.0	9.5	27.0	22.0	31.0	43.0
Oct. 8	9.0	21.0	4.5	5.0	13.0	18.0
Oct. 15	7.5	5.5	7.0	4.5	12.0	18.0
Oct. 22	19.0	16.0	14.0	11.0	50.0	17.0
Oct. 29	20.0	47.0	7.0	15.0	24.0	29.0
Nov. 5	17.0	37.0	10.0	3.0	26.0	25.0
Av.[z]	16.8 abc	22.7 ab	11.6 bc	10.1 c	26.0 a	25.0 a

[z] Means in the row followed the same letter are not significantly different (P=0.05, DMRT).

由圖 4 可知，一次添加 14ml 之不含毒甲基丁香油誘殺板，置於渦旋式誘蠅器內，經五、六個月後之誘殺率仍有每月添加甲基丁香油至飽和之 77—62%(何 2003)。因此於 4—5 月人心果成熟期間，採用吸滿油之渦旋式誘蠅器，能獲良好之誘殺效果。

在表 1 中含毒密閉組之誘殺力較開放組稍佳，可能是誘殺板經 4 個月試驗期間，因裸露開放之關係，較易受到風吹、雨打、日曬等因素之影響而降低其誘引力。含毒開放式之誘引蟲數雖較密閉式略多(統計上不顯著)，但卻有一大部分誘引到之果實蠅會逃離現場而無法加以誘殺。在表 2 中亦顯示，不含毒開放式雖誘得多，但不會致死，而含毒開放式亦有部分誘引到之果實蠅逃離現場。各組處理短期內誘殺之蟲數差異雖以不含毒開放組爲較多，但考慮田間之長期效果(朱等 1985)及農藥殘毒問題(許&洪 2000)，還是以採用不含毒之密閉式渦旋式誘蠅器爲較佳選擇。

在表 3 中之含毒渦旋式誘蠅器內所誘得之雄蟲全部致死，開放式含毒誘殺板所誘得 23.5%中，只有 44.3%死在鐵盤中。開放式所誘得之雄蟲雖爲密閉式誘蠅器之 1.28 倍，但實際現場死亡者僅約渦旋式誘蠅器之 56.8%。因此在使用含毒甲基丁香油誘殺板時，應置於渦旋式誘蠅器內。

綜合表 5 之結果，雖然蜂蜜和尿素皆有誘引雄(及雌)蟲之效果(Bateman & Marton 1981，劉&陳 1992)，但在使用渦旋式誘蠅器時，不論其中是放含毒或不含毒之誘殺板，皆沒有必要再添加蜂蜜或尿素。

表 6 中之各種誘殺器材之使用中，一般甲富乾式誘蟲盒之底層內面，即有塗抹粘蟲膠，故也不必擔心其誘殺效果。粘蟲盒有一定程度之誘殺效果，在國內外也常被採用作爲偵測性誘蟲器。而渦旋式誘蠅器除少量懸掛時可作爲果實蠅偵測用，大量懸掛更可用於長期誘殺防治，尤其誘蟲器本身之特性使進入器內之果實蠅無法逃逸，因此使用時甲基丁香油可以不必添加殺蟲劑以毒殺受誘之果實蠅。由本試驗得知，沒有必要在老式誘蟲燈或渦旋式誘蠅器外再多噴粘蟲膠，噴粘膠除了增加成本外，並未能明顯增加誘殺效果，反而又造成操作之不便。Prokopy & Economopoulos(1975)在測試外表塗佈粘膠之麥氏誘殺器誘殺橄欖實蠅(*Dacus oleae*)之效果時，亦曾獲得類似之結果。

又由表 7 中之三種誘殺器材各自之粘或不粘處理間均無顯著之差異，與前一試驗結果類似。由此試驗之結果顯示果農於使用這些誘蟲器材時，可不必額外再多加粘蟲紙或噴粘膠。

一般果農在田間懸掛渦旋式誘蠅器時，偶然會遇到因懸掛之位置不當或大風雨而有雨水濺入器內，嚴重時使誘殺板泡在水中以致影響長期之誘殺效果。向製造渦旋式誘蠅器之廠商反應結果，若再加大上蓋遮緣，將會增加成本及包裝上之不便，而且改善之效果亦不會太大。依本試驗結果(表 8)，只要在誘殺器之底部打幾個小孔，即可避免積水而亦不會影響其誘殺力。

表 8. 在陽台測試渦旋式誘蠅器鑽孔與否對東方果實蠅之誘殺效果

Table 8. The effectiveness of Victor fly trap with or without pores for attracting the Oriental fruit fly at balcony

Date	No. of male fly trapped by non-poisoned Victor fly trap / 4 days	
(2001)	With 5 pores at bottom	Without pores as CK
Oct. 5	8.0	6.3
Oct. 9	5.8	6.0
Oct. 13	1.8	2.3
Oct. 17	10.8	16.8
Oct. 21	3.0	2.0
Oct. 25	3.5	5.0
Oct. 29	9.5	6.3
Nov. 2	6.5	6.5
Av.(NS)[z]	6.1	6.4

[z] NS: Not significantly different.

引用文獻

朱耀沂。1998。對果實蠅防治的三項建議。p.26-35。台灣果實蠅防治研討會專刊。台中中興大學。

朱耀沂。2000。東方果實蠅猖獗與防治對策之檢討。p.13-19。植物疫情與策略專刊。霧峰藥毒所。

朱耀沂、葉萬音、魯仲嫈。1985。東方果實蠅誘殺作用含毒甲基丁香油吸收材質之開發。植物保護學會會刊 27:413-421。

何坤耀。2003。管理東方果實蠅之兩種新誘殺策略評估。台灣大學博士論文。79pp。

何坤耀、許洞慶、李後晶。2001。利用安啦誘蠅器及網袋番石榴外套粘紙防治東方果實蠅效果評估。台灣昆蟲 21:423-424。

李文蓉。1988。東方果實蠅之防治。p.51-60。果樹害蟲綜合防治研討會專刊。嘉義農試所嘉義分所。

邱煇宗、朱耀沂。1988。在小琉球以滅雄處理防治東方果實蠅之實際應用。中華昆蟲 8:81-94。

陳健忠、董耀仁、鄭玲蘭。2001。改良型麥氏誘殺器對東方果實蠅(*Bactrocera dorsalis* (Hendel))(雙翅目：果實蠅科)誘殺效果評估。台灣昆蟲 21:65-75。

許如君、馮海東。2000。台灣東方果實蠅(*Bactrocera dorsalis* (Hendel))(雙翅目：果實蠅科)對殺蟲劑的感受性。中華昆蟲 20:109-118。

黃守宏。1997。斗六地區影響東方果實蠅誘殺蟲數之因子。台灣大學碩士論文。116 pp。

黃莉欣、蘇文瀛。2000。東方果實蠅之發生生態與防治。p.171-177。楊桃綜合管理專刊。霧峰藥毒所。

黃毓斌、高靜華、鄭允。1997。台灣地區東方果實蠅之發生及其疫情監測。植物保護學會會刊 39:125-136。

劉玉章。1992。利用引誘劑防治東方果實蠅。p.95-98。病蟲害非農藥防治技術研討會專刊。

劉玉章、陳文華。1992。東方果實蠅蛋白質類引誘劑之改良。植物保護學會會刊 34:316-325。

劉玉章、黃任豪。2000。改良糖蜜引誘劑對東方果實蠅之引誘效果。植物保護學會會刊 42:223-233。

Bateman, M. A., and T. C. Morton. 1981. The importance of ammonia in proteinaceous attractants for fruit flies (Family: Tephritidae). Aust. J. Agric. Res. 32:888-903.

Cheng, E. Y., Y. B. Hwang, and C. H. Kao. 2001. Area-wide fruit fly control in Taiwan (1994-2000). 136, in 4th Asia Pacific Conference of Entomology, 14-17 August 2001, Kuala Lumpur.

Gazit, Y., Y. Roessler, N. D. Epsky, and R. R. Heath. 1998. Trapping females of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Israel: Comparison of lures and trap type. J. Econ. Entomol. 91:1355-1359.

Prokopy, R. J., and A. P. Economopoulos. 1975. Attraction of laboratory-cultured and wild *Dacus oleae* flies to sticky-coated McPhail traps of different colors and odors. Environ. Enotmol. 4:187-192.

The Effectiveness of Victor Fly Trap for Attracting the Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae)[1]

Kun-Yaw Ho[2,5], Shi-Cheng Hung[2], Chien-Chung Chen[3] and How-Jing Lee[4]

Summary

Ho K.Y., S. C. Hung., C. C. Chen and H. J. Lee. 2003. The Effectiveness of victor fly trap for attracting the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). J. Agric. Res. China 52:62-72.

The results of field tests showed that it was effective in attracting the Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel), by using the Victor fly trap in which a poisoned or non-poisoned methyl eugenol (ME) fiber board was placed. Its effectiveness could last for more than eight months, which was further proven in the subsequent test. The number of male trapped was greatly increased with the increase of the concentration of ME in Victor fly trap. The amount of ME more than 12ml per fiber board produced the best result in attracting male. Observations also showed that the non-poisoned ME in the closed Victor fly trap had the best lasting effects in attracting males within a period of four months. There was no significant difference between poisoned and non-poisoned ME traps in a continuous short-term observation for 6 and 8 days. An additional test in wax apple orchard showed that the number of male trapped by poisoned ME in Victor fly trap was only 44.4% as compared with that of non-poisoned ME. In litchi orchard, adding honey or urea to poisoned or non-poisoned ME did not influence the effectiveness of attracting the Oriental fruit fly. Similar results were also observed in adding sticky board to poisoned or non-poisoned Victor fly trap. Piercing 5 small holes at the bottom of the Victor fly trap did not affect the effectiveness of the trap, and could prevented the problem of water accumulation in the trap.

Key words: Victor fly trap, *Bactrocera dorsalis*, Methyl eugenol.

---

1. Contribution No.2146 from Taiwan Agricultural Research Institute,Council of Agriculture. Accepted : April 16,2003.
2. Respectively, Associate Entomologist, Assistant Researcher, Department of Plant Protection, Chia-Yi Agricultural Experiment Station, TARI, Chia-Yi, Taiwan,ROC.
3. Associate Entomologist, Applied Zoology Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan,ROC.
4. Professor, Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan,ROC.
5. Corresponding author, e-mail：kunyawho@dns.caes.gov.tw；Fax: (05)2773630.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:73~83(2003)

利用葉綠素測計估測水稻植株葉綠素及氮素 [1]

楊純明 [2,3]

摘 要

楊純明。2003。利用葉綠素測計估測水稻植株葉綠素及氮素。中華農業研究: 52:73~83。

本文研究在行政院農委會農業試驗所農場(臺中縣霧峰鄉)進行，調查 2000 年二期稻作至 2002 年一期稻作(二年四期作)之水稻生育期間稻株葉片葉綠素總量與氮素含量及葉綠素測計讀值，分析葉綠素與氮素含量關係，再釐清是否可以利用葉綠素測計讀值估測葉綠素及氮素之變化，並比較期作間差異。根據試驗結果，發現葉片之葉綠素總量、氮素含量或葉綠素測計讀值均隨著稻株生育進展而呈現下降趨勢，此一表現不受本試驗不同等級氮肥施用量之影響。續將稻株葉片之氮素含量與葉綠素總量進行相關分析，發現一、二期稻作皆可以直線正相關表示兩變數的關係，且由於兩期稻作資料經虛擬變數檢定爲不顯著，乃進一步將兩期作資料合併分析，兩變數之間仍爲顯著直線正相關(R^2=0.615, P<0.0001)。又試驗分析亦顯示，稻株葉片之葉綠素總量與葉綠素測計讀值之關係十分密切，可適用於直線相關，一、二期稻作之決定係數(R^2)分別爲 0.758 及 0.862(圖 3)。兩期作資料經虛擬變數檢定爲不顯著，其合併分析亦顯示兩變數間爲顯著直線正相關(R^2=0.784, P<0.0001)。基於前述二項分析，乃將葉片氮素含量與葉綠素測計讀值進行相關分析，發現兩者在統計上無論期作均爲顯著直線正相關，一、二期稻作之決定係數分別爲 0.574 及 0.439，並且可以合併分析產生兩期稻作共用之迴歸方程式(R^2=0.411, P<0.0001)。綜合試驗結果，在本研究採用之水稻品種臺農 67 號，建議可以利用葉綠素測計讀值推估稻株葉片之葉綠素與氮素含量，此一功能在氮肥管理上具有應用意義。

關鍵詞：水稻、葉綠素測計、葉綠素總量、氮素含量，氮肥管理。

前 言

臺灣地區水稻的生產，除了受到客觀的環境因子影響之外，多仰賴農民專業而主動的栽培管理和肥料使用決定產量與品質。在所施用的肥料元素當中，氮素是影響水稻生產的要素之一，尤其對水稻增產之效應超過其他營養元素的增補作用。雖然氮素的供給，可以分別取自土壤、空氣及肥料等不同來源，對大多數農作物而言，則是以施用有機或無機肥料爲大宗。所以，欲獲得令人滿意的生產質量，控制適當的氮素肥料施用是必需的，包括施用時期、施用量與施用方法均需合宜。

---

1. 行政院農委員會農業試驗所研究報告第 2147 號。接受日期：92 年 4 月 16 日。
2. 本所農藝組研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：cmyang@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(04)23396057。

土壤中的氮素將因稻株生育的吸收利用及各種因素流失，因此需要視狀況添補氮肥，提供稻株生育過程的需求。然而水田氮肥的管理頗具挑戰性，因爲氮素在浸潤的水田中有若干流失途徑，占稻田最大比例的氮素逸釋乃屬於細菌性將硝酸鹽(NO_3^-)轉換爲氮氣(N_2)逸失的過程，在自然狀態下隨時發生。如何依照稻株的生育情形，予以適時適法適量的施用氮素肥料，遂成爲稻田氮肥管理的首要課題。

氮素是植物光合作用工廠葉綠素的構成元素之一，可以預見水稻植體氮素狀態與葉綠素含量的關係十分密切，故經由葉綠素的量測來估測氮素狀態符合理論邏輯。依據李等(2002)試驗結果顯示，施用氮肥田區的稻株之氮素、葉綠素及生長性狀皆高於不施氮肥田區之稻株，甚且影響植被反射光譜曲線之變化。其報告又進一步發現，以幼穗分化至抽穗期間之穗形成期近紅外光波段，可以區分施用氮肥與否，而且稻株葉片氮素含量與葉片或地上部植體的葉綠素總量均具有顯著正相關。因此，倘能正確的量測水稻葉片或地上部植體之葉綠素總量，將能藉由葉綠素與氮素之關係推估稻株葉片之氮素狀態。惟不同期作及年份間的環境不一，可能會改變葉綠素與氮素之關係，兩者關係曲線之適用性仍需要繼續探究與比對多年期資料求證。

量測葉綠素的方法有多種，其中利用葉綠素測計(chlorophyll meter)讀取測值，再經檢量線估算出葉綠素含量，是一種便捷而快速的量測方式。此一物理性方法操作簡易，關鍵點在於建立正確而完整的測計讀值與實測葉綠素值的檢量線，使可容納廣泛的讀值變異而適用於不同年份及期作。本文研究旨在調查水稻生育期間之葉綠素與氮素含量，分析兩者關係，再釐清是否可以利用葉綠素測計讀值估測葉綠素及氮素之變化，並比較期作間差異，俾評估未來從事於在稻田氮肥管理上應用之可行性。

材料與方法

稻作栽培

本項研究之田間試驗包括 2000 年、2001 年之二期稻作及 2001 年、2002 年之一期稻作，計有二年四期作，參試水稻(*Oryza sativa* L.)品種爲臺農 67 號(TNG 67)，以南北向機插(每叢 3-5 株)於行政院農業委員會農業試驗所農場(臺中縣霧峰鄉)，行株距 0.3 m*0.2 m。田區土壤質地爲酸性壤土，酸鹼值 5.2，有機質 1.22%。試驗田區劃分成六小區，每小區長 50 m、寬 6 m，由東向西依序分施 0、30、60、90、120 及 150 kg N ha^{-1} 等六不同等級氮肥。氮肥用量均分三次施用，第一次以臺肥 39 號複合肥料(N:P:K =12%:18%:12%，臺灣肥料公司，高雄市)爲基肥，於插秧後一週內施用；第二次以硫銨爲追肥，於插秧後 3 週(二期作)或 4 週(一期作)實施；第三次仍以硫銨爲穗肥，在抽穗前 1-2 週施用。在雜草防除方面，插秧後施基肥前施用 5%丁拉拉草粒劑(2,Chloro-2',6'-diethyl-N-(butoxymethyl) acetanilide)30 kg ha^{-1}，又於插秧後 3 或 4 週施肥前以人工除草一次。有需要防治病蟲害時，依照農委會出版之植護保護手冊推薦操作，以降低其對氮肥處理之影響。

水稻生育期間定期(每隔 1-2 週)以葉綠素測計量取稻株葉片讀值，每叢量測最上位完全展開葉片中間段上、下表面各一次，取平均值。每一次每處理小區調查 6 叢，以 6 叢均值爲代表值。完成測計讀值後，將稻株割取爲樣本，分別依照部位(葉片、莖稈、穗)歸類，以化學分析測定葉片之葉綠素總量及葉片氮素含量。由於試驗採用不同等級氮肥施用量，且包括兩年四期作資料，預料將可提高稻株葉片之葉綠素總量及氮素含量差距，使得試驗結果容納廣泛的變異。

葉綠素測計使用

本研究採用輕巧可攜帶的葉綠素測計(chlorophyll meter, SPAD-502, Minolta Co. Ltd., Japan)，該產品由 Minolta 公司之土壤暨植物分析研發小組(Soil-Plant Analyses Development unit，SPAD)所開發，可量測扁平樣品之點測值，並可計算多點平均值。其原理乃量測穿透葉片之光輻射，由經樣品吸收後的光輻射量，反饋估算葉片中葉綠素量。由測計兩臂夾住葉片樣區，一臂爲具有放射光輻射二極體之光源端，另一臂爲具有矽質光極體之受光端，由入射光源輻射量與穿透過葉片後光輻射量之差值，輸入

經二參考值建立之內建檢量線換算測計讀值。簡言之，可視爲量測植體葉片之綠度，或稱葉綠素的相對含量(Inada, 1963, 1985; Kariya *et al.* 1982)。

測計由 2 個 AA 電池(鹼性)提供能源操作，二測值之間約間隔 2 秒以上。光源端內有兩個放射光輻射之二極體，分別設定約在 650 nm 及 940 nm 波長位置，其中 650 nm 爲葉綠素 a 與葉綠素 b 之主要吸收峰之一(另一約於 430 nm)，940 nm 則幾乎完全穿透而不被吸收(Minolta 1989)。前者用於量測葉綠素濃度，後者作爲葉片水分及厚度補償之參考值，受光端測得之穿透值經內建程式算出測計讀值。測計讀值再與此葉片之化學分析葉綠素濃度建立相關，以得到本試驗之迴歸方程式(模式)，作爲未來樣品讀值估測用途。

葉綠素與氮素之化學分析

將每次自六處理小區取樣之稻叢樣本各部位分類，葉片之葉綠素總量(total chlorophyll)之化學分析方法採自 Arnon(1949)修正法(李等 2002; Yang & Lee 2001)，除了生育初期之外，每次每處理小區 6 叢爲 6 重覆樣本。每叢鮮葉片打取圓形樣本混合分析葉片葉綠素，樣本先添加海砂(約 0.1 g)及液態氮(約 2 ml)以杵磨碎，加入 10 ml 之 80%丙酮萃取，再以 2500 rpm (825 g) 離心 10 min。取上層溶液以光電比色計(model DU-68, Beckman Inc., USA)讀取吸收率測值，再以下列公式計算葉綠素總量: Total chlorophyll (mg)= (D652xV)/34.5xW，其中 D652 爲在 652 nm 波長之吸收率測值，V 爲上層溶液之容積(ml)，W 爲葉片樣本之鮮重(g)。取每叢二測值之平均值，再取每處理小區 6 重覆樣本測值之均值爲該處理小區之代表值，比對葉綠素測計之讀值代表值，進行統計分析。

水稻植體葉片之氮素測定，係取前述水稻植叢樣本，經以 70-80℃烘乾 72 h 後磨碎篩濾(0.1 mm)，再以 Kjeldahl 方法分析樣本全氮濃度(李等 2002)。將每次每處理小區之葉片粉狀樣本秤取約 0.2 g，倒入 50 ml 分解瓶，加入 4 ml 之 36 N 濃硫酸及 0.2 g 催化劑(K_2SO_4:$CuSO_4$·$5H_2O$:Se= 50:10:1, w/w)，置於 800℃電爐上加熱約 2 hr 至分解液呈淡青綠色時，取出冷卻至室溫，再加入去離子水(NANOpure, Ultrapure Water System, Barnstead/Thermolyne Inc., Iowa, USA)至 50 ml 予以均勻混合。取 5 ml 稀釋液，加入 10 N NaOH 溶液 5 ml,，以蒸餾方式收取冷凝之蒸氣於加溴酚藍之 4 ml 硼酸溶液(4%)，使顏色由紅轉成紫藍。最後，以 0.01 N HCl 溶液滴定中和，直至顏色再由紫藍轉成紅爲止。葉片樣本之氮素含量(%)由下列公式計算: $N(\%)=0.01\times W_N \times V \times 50\ ml/5\ ml \times (1/W)$，其中 V 爲 HCl 之滴定量(ml)，W 爲樣本重量(g)，W_N 則爲氮素分子量(14 g)。

本項試驗資料之統計分析，除了兩變數之相關分析之外，爲了合併一、二期稻作資料，以提高迴歸方程式之適用性，乃利用 SAS 8.2(SAS Institute, 2001)進行兩期稻作間的虛擬變數檢定(dummy variable test)，檢定結果不顯著以後再合併予迴歸分析。

結　果

本研究調查與追蹤的兩年四期稻作生育期間稻株葉片之葉綠素總量、氮素含量及葉綠素測計讀值繪於圖 1，圖中顯示無論何種等級氮肥施用量，葉片之葉綠素總量、氮素含量或葉綠素測計讀值均隨著稻株生育進展而呈現下降趨勢。由稻株葉片之氮素含量與葉綠素總量之相關分析結果(圖 2)，發現一、二期稻作皆可以直線正相關表示兩項重要組成分的關係，當氮素含量上升時，葉綠素總量隨著增加。兩期稻作資料合併分析結果亦顯示，此兩項成分之間爲顯著直線正相關(R^2=0.615, $P<0.0001$)。

稻株葉片之葉綠素總量與葉綠素測計讀值之關係如圖 3，兩期稻作皆呈現直線相關，一、二期稻作之決定係數(R^2)分別爲 0.758 及 0.862。兩期稻作資料合併分析的結果，反應出葉綠素總量與葉綠素測計讀值爲顯著直線正相關(R^2=0.784, $P<0.0001$)。

稻株葉片之氮素含量與葉綠素測計讀值之相關分析結果如圖 4，直線迴歸在兩期稻作皆爲顯著正相關，一、二期稻作之決定係數分別爲 0.574 及 0.439。續將兩期稻作資料進行合併分析，發現氮素含量與葉綠素測計讀值之間的直線相關仍爲顯著(R^2=0.411, $P<0.0001$)。

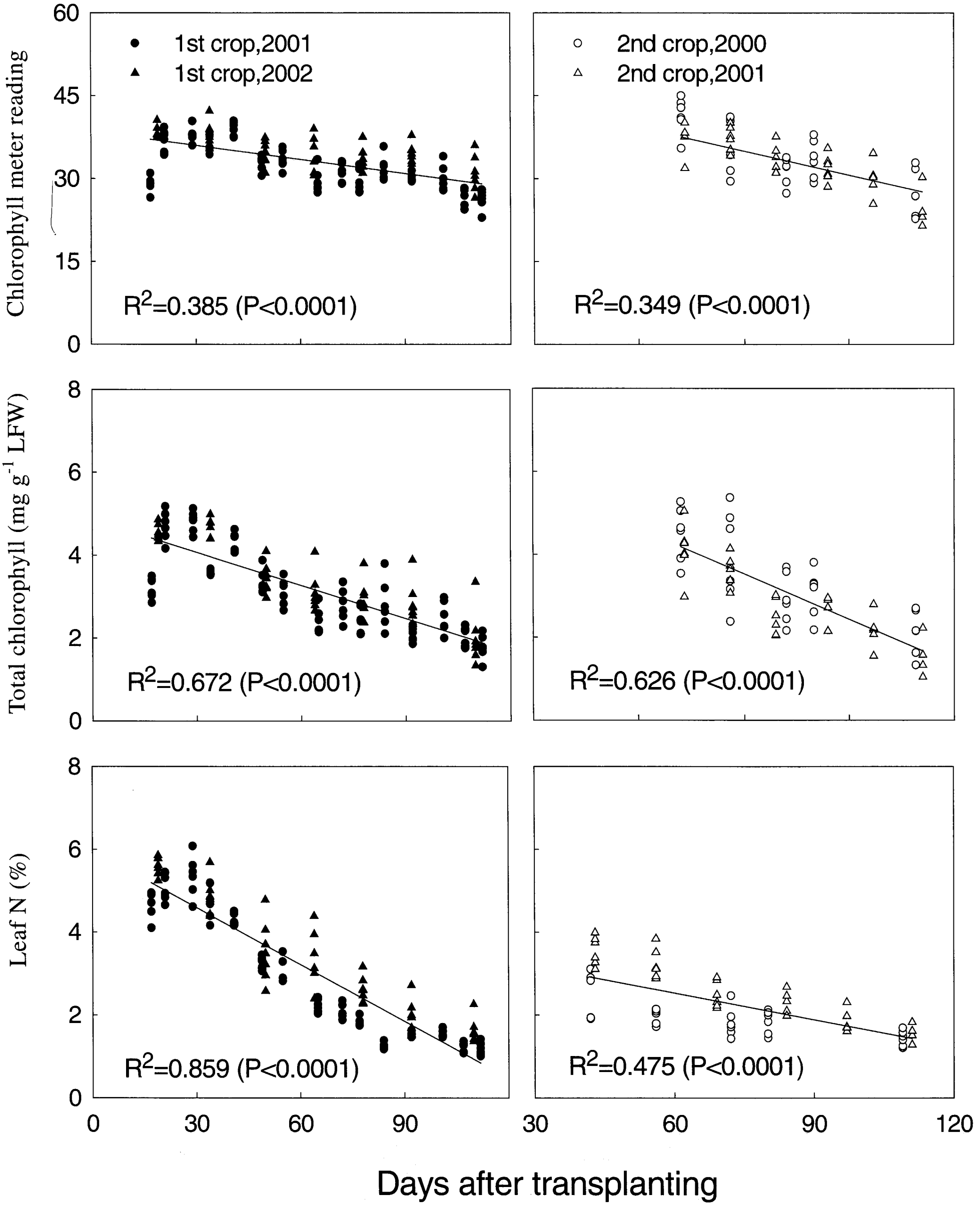

圖 1. 水稻臺農 67 號品種從 2000 年二期稻作至 2002 年一期稻作於農業試驗所試驗田栽培下之葉片葉綠素總量、氮素含量及葉綠素測計讀值之全生育期間變化。

Figure 1. Changes of leaf total chlorophyll, leaf nitrogen content and value of chlorophyll meter after transplanting for rice plants (*Oryza sativa* L. cv. Tainung 67) grown from the 2nd crop of 2000 till the 1st crop of 2002 in TARI.

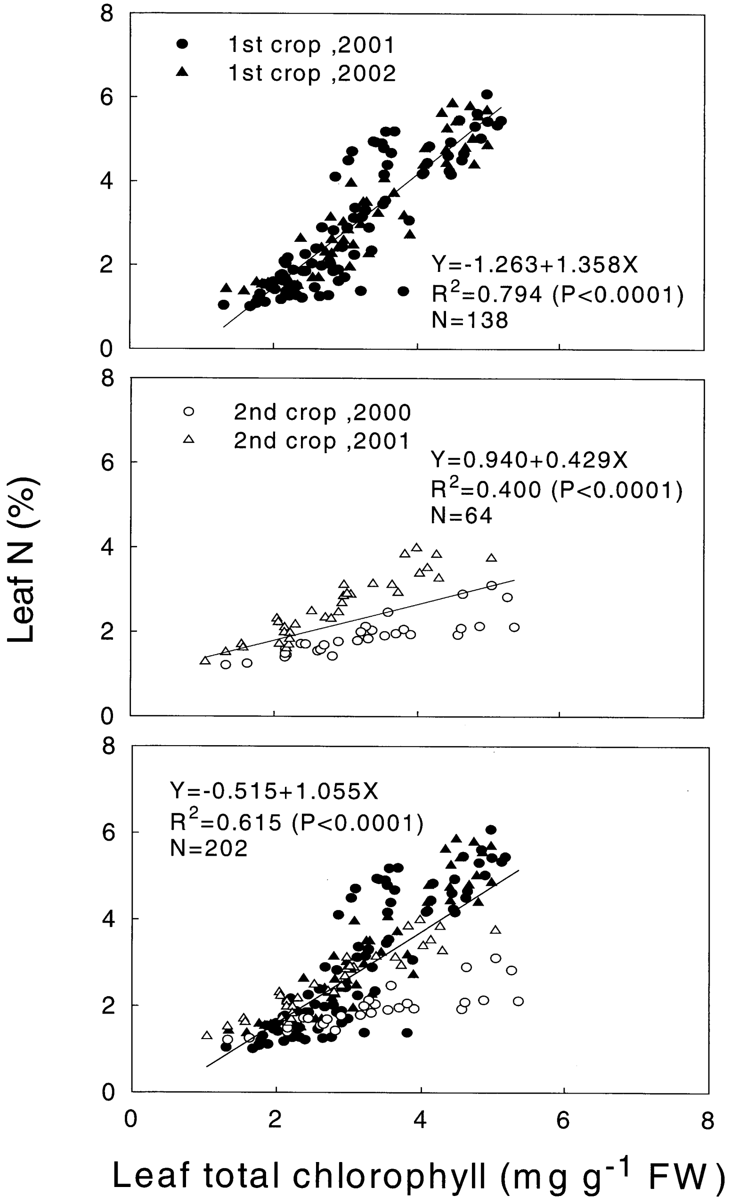

圖 2. 從 2000 年二期稻作至 2002 年一期稻作種植於農業試所之水稻臺農 67 號品種葉片氮素含量與葉片葉綠素總量之關係。

Figure 2. The relationships between leaf nitrogen content and leaf total chlorophyll for rice plants (*Oryza sativa* L. cv. Tainung 67) grown from the 2nd crop of 2000 till the 1st crop of 2002 in TARI.

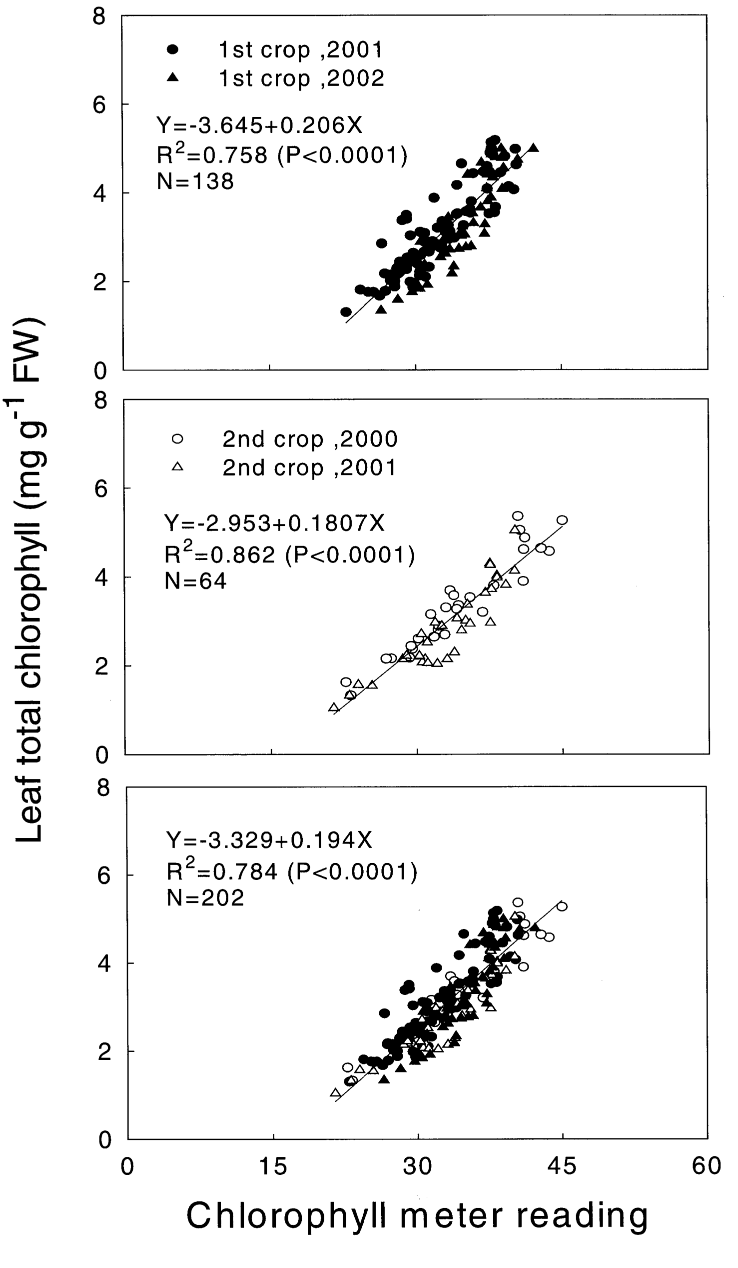

圖 3. 從 2000 年二期稻作至 2002 年一期稻作種植於農業試驗所試驗由水稻臺農 67 號品種葉片葉綠素總量與葉綠素測計讀值之關係。

Figure 3. The relationships between leaf total chlorophyll and values of chlorophyll meter for rice plants (*Oryza sativa* L. cv. Tainung 67) grown from the 2nd crop of 2000 till the 1st crop of 2002 in TARI.

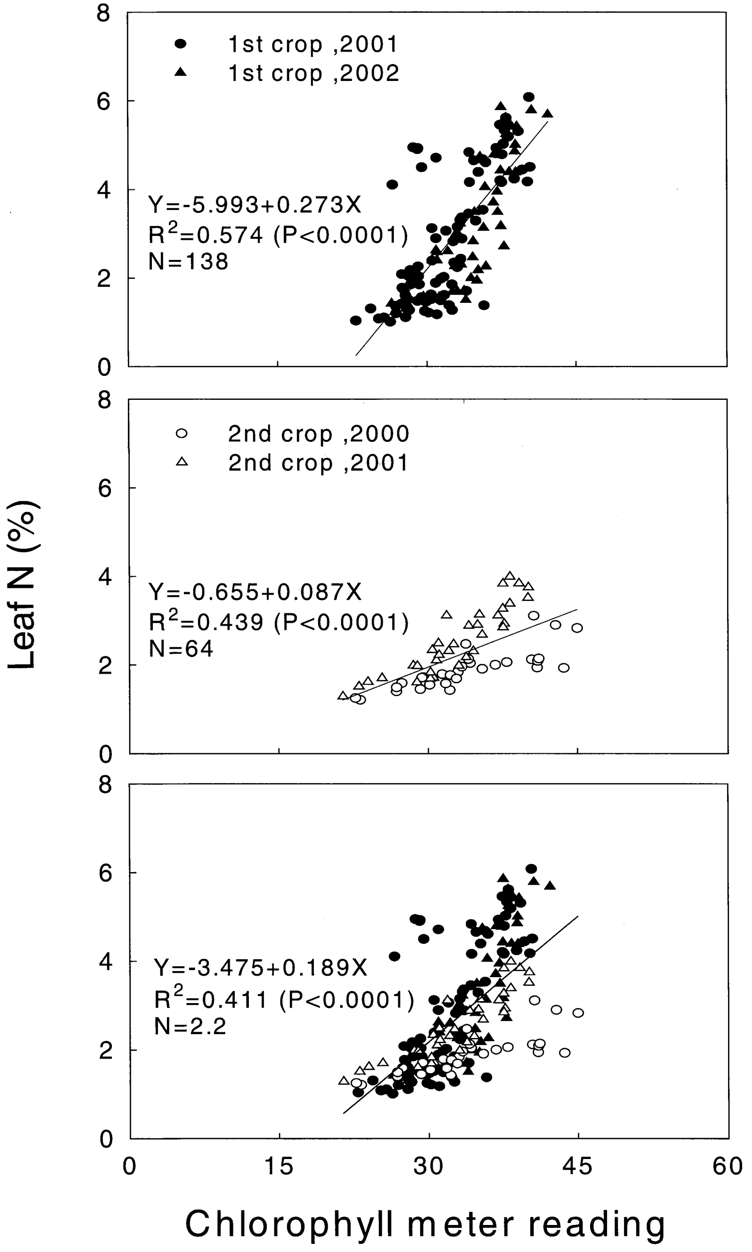

圖 4. 從 2000 年二期稻作至 2002 年一期稻作之水稻臺農 67 號品種葉片氮素含量與葉綠素測計讀值之關係。

Figure 4. The relationships between leaf nitrogen content and values of chlorophyll meter for rice plants (*Oryza sativa* L. cv. Tainung 67) grown from the 2nd crop of 2000 till the 1st crop of 2002.

討 論

葉綠素是一般綠色植物的主要色素，其功能類似光合作用工廠在於攫取太陽光能提供光合作用運轉，使得光能可以轉換成化學能。氮素係葉綠素分子之關鍵元素，因此邏輯上葉綠素含量的高低反映氮素含量的多寡，高氮素含量隱示高葉綠素生成，可預見兩者在綠色植物及稻株葉片中的相關性甚高(李等 2002)。本研究綜合兩年四期稻作資料分析，首先發現無論葉片之葉綠素總量、氮素含量或葉綠素測計讀值，均隨著稻株生育進展而呈現下降趨勢(圖 1)。顯然的單位重量之葉綠素及氮素含量在生育前期高於後期，而且葉綠素測計讀值隨著此二項成分變化而連動升降。有趣的是，上述表現不受本試驗不同等級氮肥施用量之影響，所以從 0-150 kg ha^{-1} 的氮肥施用量範圍，稻株全生育期間的葉綠素總量、氮素含量或葉綠素測計讀值之變化類似。

續將稻株葉片之氮素含量與葉綠素總量進行相關分析，發現一、二期稻作皆可以直線正相關表示兩變數的關係($R_{1st\ crop}^2$=0.794, P<0.0001; $R_{2nd\ crop}^2$=0.400, P<0.0001)，，即葉綠素總量隨著氮素含量上升而增加，惟兩變數未成 1:1 比例改變(圖 2)。由於兩期稻作資料經虛擬變數檢定為不顯著(結果未列出)，乃進一步將兩期作資料合併分析。根據分析結果，兩變數之間仍為顯著直線正相關(R^2=0.615, P<0.0001)，吾人可利用此迴歸方程式於一、二期稻作期間，相互推估葉綠素總量及氮素含量。

試驗分析亦顯示，稻株葉片之葉綠素總量與葉綠素測計讀值之關係十分密切，可適用於直線相關，一、二期稻作之決定係數(R^2)分別為 0.758(P<0.0001)及 0.862(P<0.0001) (圖 3)。兩期作資料亦經虛擬變數檢定為不顯著(結果未列出)，其合併分析顯示兩變數間為顯著直線正相關(R^2=0.784, P<0.0001)。因此，可以利用合併兩期作資料之迴歸方程式，當做任一期作生育期間之檢量線，由葉綠素測計讀值估測稻株葉片之葉綠素總量。

由於前述二項結果，本文於是逕將葉片氮素含量與葉綠素測計讀值進行相關分析(圖 4)，發現兩者在統計上無論期作均為顯著直線正相關，一、二期稻作之決定係數分別為 0.574 及 0.439，並且可以合併分析產生兩期稻作共用之迴歸方程式(R^2=0.411, P<0.0001)。利用這些迴歸方程式，即可由葉綠素測計讀值推估稻株葉片之氮素含量。

許多文獻報告(李等 2002; Piekielek & Fox 1992; Schepers *et al.* 1992; Piekielek *et al.* 1995; Blackmer *et al.* 1996)指出，作物植體之氮素和葉綠素具有高度相關，因此可利用葉綠素測計透過葉綠素與氮素之關係，達到間接而合理的估測植體氮素狀態之目的。Peng *et al.* (1995, 1996)之研究進一步發現，稻株生育期間之單位葉面積氮素濃度與葉綠素測計讀值呈特定直線相關，不因生育時期有顯著差異。本文試驗也呈現類似結果，單位重量之稻株葉片氮素含量與葉綠素總量具有顯著直線相關，且葉綠素測計讀值與葉綠素總量亦顯示高度直線相關，使得葉片氮素含量與葉綠素測計讀值之相關顯著。然而，必須注意的是，葉綠素測計讀值與葉片氮素(重量為基礎)之關係可能會隨著生育期及品種(系)略異(Turner & Jund 1994)，主要係葉片厚度或葉片比重(specific leaf weight)因葉齡而異所致(Peng *et al.* 1996)。本文研究以全生育期為考量，獲得適用於期作之檢量線，若再將之以不同生育階段進行分析，預料可以提高變數之間的相關性。

其次，由於葉綠素測計讀值會受到許多因子影響，凡能改變稻株顏色的因子(如生育期、光源質量、栽植密度、病蟲害、營養元素缺乏、基因組成等)均可能使測計讀值產生變異(Peterson *et al.* 1993; Turner & Jund 1994)，量測人員應熟知干擾因子的影響予以妥適排除或迴避。務必在固定時段選擇相同年齡及部位之葉片樣品，且應遠離病斑、褐斑或老斑，儘量避開中肋(主導管)，以免造成誤差。品種(系)之間的顏色差異受到遺傳組成控制，縱使施用相同氮肥量，品種間色澤仍可能有別，是以各品種宜建立其特定的檢量線，個別判識其葉綠素含量，不能以一測計讀值適用同作物之全部品種。又測計本身在極端環境下，如在近冷凍的低溫、酷熱的高溫、強光直接曝曬測計及瞬間冷熱差距過大等狀況，可

能產生跳動測值而不宜使用。

葉綠素測計的使用方法極爲簡易，可立即而快速的獲得非破壞性測值，取得大量且準確的測點數據，因此葉綠素測計爲一獲取田區大量非破壞性作物葉綠素狀態資料的理想工具。綜合前述試驗結果，在本研究採用之水稻品種臺農 67 號，可以分別利用葉綠素測計讀值推估稻株葉片之葉綠素與氮素含量。此一功能在氮肥管理上具有應用意義，通常農作物植體氮素含量介於 1-5%(重量百分比)，然隨著生育階段及生長情形而變動(Tisdale *et al.* 1993)。當植體氮素缺乏時，葉片顏色將轉成較淡的綠色或黃綠色，葉尖甚或開始枯黃。因此可藉由葉綠素濃度的改變造成的綠色程度變化，量測綠度(綠色強度，green color intensity)估出葉綠素，再換算出氮素。這也是葉綠素測計的設計原由和理論基礎，提供一項可靠而簡易操作的估測農作物植體氮素狀態的工具，利用於即時量測，取得大量資料，並立即微調擬追施的氮肥。倘若能夠獲知最佳估測產量或品質之生育階段的氮素含量，則吾人即可由之估得當時稻株之氮素狀態而進行適當的氮肥管理。

誌　　謝

本文研究承蒙行政院農委會農業試驗所試驗研究經費(91 農科-5.1.3-農-C2)及行政院國科會(NSC 91-2313-B-055-006)支持，特以致謝。

引用文獻

李裕娟、楊純明、張愛華。2002。施用氮肥對水稻植株氮素、葉綠素及植被反射光譜之影響。中華農業研究 51:1-14.

Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidedase in *Beta vulgaris.* Plant siol. 24:1-15.

Blackmer, T.M., J.S. Schepers and G.E. Varvel. 1996. Light reflectance compared with other nitrogen stress measurements in corn leaves. Agron. J. 86:934-938.

Inada, K. 1963. Studies on a method for determining deepness of green color and chlorophyll content of intact crop leaves and its practical applications. 1. Principle for estimating the deepness of green color and chlorophyll content of whole leaves. Proc. Crop Sci. Soc. Jpn. 32:157-162.

Inada, K. 1985. Spectral ratio of reflectance for estimating chlorophyll content of leaf. Jpn. J. Crop Sci. 54:261-265.

Kariya, K., A. Matsuzaki, and H. Machida. 1982. Distribution of chlorophyll content in leaf blade of rice plant. Jpn. J. Crop Sci. 51:134-135.

Minolta Co. 1989. Chlorophyll meter SPAD-502 Instruction Manual. Minolta Co., Ltd., Japan. 22pp.

Peng, S., F. V. Garcia, R. C. Laza, A. L. Sanico, R. M. Visperas, and K. G. Cassman. 1996. Increased N-use efficiency using a chlorphyll meter on high-ielding irrigated rice. Field Crops Res. 47:243-252.

Peng, S., R.C. Laza, F.V. Garcia and K.G. Cassman. 1995. Chlorophyll meter estimates leaf-based nitrogen concentration of rice. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 26:927-935.

Peterson, T. A., T. M. Blackmer, D. D. Francis, and J. S. Scheppers. 1993. Using a chlorophyll meter to improve N management. A Web Guide in Soil Resource Management: D-13, Fertility. Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska, Lincoln, Nebraska, USA.

Piekielek, W.P. and R.H. Fox. 1992. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress N requirements for maize. Agron. J. 84:59-65.

Piekielek, W.P., R.H. Fox, J.D. Toth and K.E. Macneal. 1995. Use of chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. Agron. J. 87:403-408.

SAS Institute. 2001. SAS user's guide. V.8.2. SAS Inst., Cary, NC, USA.

Schepers, J.S., D.D. Francis, M. Vigil and F. E. Below. 1992. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 23(17-20):2173-2187.

Tisdale, S. L., W. L. Nelson, J. D. Beaton, and J. L. Halvin. 1993. Soil fertility and fertilizers. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.

Turner, F. T. and M. F. Jund. 1994. Assessing the nitrogen requirements of rice crops with a chlorophyll meter method. Aust. J. Exp. Agric. 34:1001-1005.

Yang, C.-M. and Y.-J. Lee. 2001. Seasonal changes of chlorophyll content in field-grown rice crop and their relationships with growth. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(B) 25:233-238.

Using Chlorophyll Meter to Estimate Leaf Chlorophyll and Nitrogen Content of Rice Plants[1]

Chwen-Ming Yang[2,3]

Summary

Yang, C. M. 2003. Using chlorophyll meter to estimate leaf chlorophyll and nitrogen content of rice plants. J. Agric. Res. China 52:73~83.

Field experiments were conducted at Taiwan Agricultural Research Institute Experimental Farm, Wufeng to investigate changes of leaf total chlorophyll and nitrogen content as well as values of chlorophyll meter for rice plants (*Oryza sativa* L. cv. TNG 67) grown from the 2nd crop of 2000 to the 1st crop of 2002. The relationships between chlorophyll and nitrogen were analyzed, the responses of chlorophyll meter value to their variations were also studied, and the comparison between the first and the second crops were made. Results showed that leaf total chlorophyll and nitrogen content were decreased after transplanting in both cropping seasons, and values of chlorophyll meter followed the trend with these two components. The patterns were similar among different amounts of nitrogen fertilizer treatments. Relationship between leaf total chlorophyll and nitrogen was significant linearly. As no significant d:fference was found between data of two crops with dummy variable test, data were pooled and were shown to also have a linear correlation (R^2=0.615, P<0.0001)。The values of chlorophyll meter and leaf total chlorophyll were linearly correlated with the determination coefficients (R^2) of 0.758 及 0.862 for the first and the second crops, respectively. Again, data from different crops can be pooled and showed a linear relationship between leaf total chlorophyll and chlorophyll meter readings (R^2=0.784, P<0.0001). With the above results, leaf nitrogen content and chlorophyll meter readings were analyzed to indicate a significant linear relationship in both cropping seasons. The pooled data from two crops were fitted to a linear regression model (R^2=0.411, P<0.0001)。Results suggest that leaf chlorophyll and nitrogen content can be estimated by chlorophyll meter in rice cultivar TNG 67.

Key words： Rice, Chlorophyll meter, Total chlorophyll, Nitrogen content, Nitrogen fertilizer management.

---

1. Contribution No.2147 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Accepted : April 16,2003.
2. Senior agronomist, Agronomy Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail：cmyang@wufeng.tari.gov.tw ; Fax：(04)23396057.

中 華 農 業 研 究

第五十二卷　第一期

中華民國九十二年三月出版

發行人：林俊義

總編輯：安寶貞

主　編：陳育信　黃淑華　楊舜臣　陳榮華

編審委員：

農藝組：王強生（主審）
呂秀英　陳一心　楊純明　劉新裕

園藝組：歐錫坤（主審）
王德男　施昭彰　徐信次　劉政道
劉邦基

農化組：廖慶樑（主審）
王鐘和　郭鴻裕　劉慧瑛　簡宣裕

植病組：張清安（主審）
安寶貞　羅朝村　程永雄　蔡武雄

昆蟲組：羅幹成（主審）
王清玲　何琦琛　陳炳輝　陳健忠
鄭　允　鄭清煥

農機組：梁連勝（主審）
黃禮棟　蔡致榮

種原組：范明仁（主審）

農經組：潘德芳（主審）

另聘請農業評議委員或各大學院校有關學者專家擔任審查委員

Vol. 52., No.1 Mar. 2003

JOURNAL
OF
AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

PUBLISHER: Lin, Chien-Yih

EDITOR IN CHIEF: Ann, Pao-Jen

EDITORS:

Chen, Yu-Hsin	Huang, Shu-Hua	Yang, Shen-Chen
Chen, Long-Hua		

EDITORIAL BOARD:

Chang, Chin-An (Plant Pathology)	Ou, Shyi-Kuan (Horticulture)
Liang, Lien-Sheng (Agriculture Engineering)	Liaw, Ching-Liang (Agriculture Chemistry)
Lo, Kang-Chen (Applied Zoology)	Wang, Chang-Sheng (Agronomy)
Fan, Ming-Jen (Crop Genetic Resources)	Pan, Te-Fang (Agriculture Economics)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Chen, Bing-Huei	Chen, Chien-Chung	Chen, Yi-Shin
Cheng, Ching-Huan	Cheng, Edward Yun	Cheng, Yung-Hsiung
Chien, Shiuah-Yuh	Guo, Horng-Yuh	Ho, Chyi-Chen
Hsu, Hsin-Tszu	Huang, Li-Dung	Liou, Pan-Chi
Liou, Tsung-Dao	Liu, Huey-Ing	Liu, Sin-Yie
Lo, Chaur-Tsuen	Lu, Hsiu-Ying	Shih, Jau-Chang
Tasi, Wu-Hsiung	Tsay, Jyh-Rong	Wang, Chong-Ho
Wang, Chin-Ling	Wang, Der-Nan	Yang, Chwen-Ming

Reviwers of the related fields are also invited from universities, and other research organizatioı

中華農業研究第五十二卷第一期

編　者：行政院農業委員會農業試驗所

發行人：林俊義

發行所：行政院農業委員會農業試驗所

地　址：台中縣霧峰鄉413萬豐村中正路一八九號

網　址：http://www.tari.gov.tw

電　話：(04)2330-2301～5

編　輯
印製者：普林特印刷有限公司

地　址：台北縣三重市忠孝路二段三十八巷六號

電　話：(02)29845807

中華民國92年3月出版

Vol. 52, No.1 Mar. 2003

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

(Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research)

CONTENTS

PCR-mediated Detection of *Meloidogyne* spp. Based on Ribosomal Internal Transcribed Spacer Sequences
............Hui-Fang Ni, Ruey-Shyang Chen, Mei-Hwa Wang, Tung-Tsuan Tsay and Yung-Hsiung Cheng··· 1

Improving Seed Germination of ‘Kyoho’ Grape by Treatments of Gibberellic Acid, Leaching , Scarification and Stratification
............Chia-Wei Song and Shyi-Kuan Ou···14

Characterization of the Germination Response to Temperature of Tainan-White Maize Populations
............Shu-Hui Yang, Guang-Jauh Shieh and Shu-Tu Wu···23

A Study on the Packing Machine for Leafy vegetables
............Hsiang-wen Chiu and Lien-Sheng Liang···31

Effect of Hot-air Drying on the Quality and Germination of I-Lan White Garlic (*Allium sativum* L.) Seed Bulbs
............Yee-Ting Wang···40

Measurement of Vertical Profiles and Fluctuations on Agrometeorological Factor within and above a Rice Canopy
............Ming-Hwi Yao, Jin-Chuan Tsai and Lien-Sheng Liang···50

The Effectiveness of Victor Fly Trap for Attracting the Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae)
............Kun-Yaw Ho, Shi-Cheng Hung, Chien-Chung Chen and How-Jing Lee···62

Using Chlorophyll Meter to Estimate Leaf Chlorophyll and Nitrogen Content of Rice Plants
............Chwen-Ming Yang···73

Published by
THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE,
COUNCIL OF AGRICULTURE
Taichung, Taiwan, Republic of China

ISSN 037
9 770376
GPN02526
定價：新臺幣